

D'UNE AGRICULTURE DE SUBSISTANCE À UNE AGRICULTURE DE RÉSILIENCE :  
EXPLORATION DE TECHNIQUES AGRICOLES ET DE REBOISEMENT DURABLES ET ADAPTÉES AU CONTEXTE  
D'UNE RÉGION À MADAGASCAR

Par  
Rachel Bourdon

Essai présenté au Centre universitaire de formation  
en environnement et développement durable en vue  
de l'obtention du grade de maîtrise en environnement (M. Env.)

Sous la direction de Karine Vézina

MAÎTRISE EN ENVIRONNEMENT  
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Juin 2021

« Ce qu'un paysan entend, il le croit rarement ;  
ce qu'il voit sur la parcelle d'un autre, il peut en douter ;  
mais ce qu'il fait lui-même, il ne peut le nier »

- Galiba et al., 2000

## SOMMAIRE

Mots clés : Agriculture durable, changements climatiques, reboisement, conservation des sols, agroforesterie, *tanety*, bas-fond, agriculture traditionnelle, malnutrition, pauvreté.

Cet essai s'inscrit dans le cadre du Programme de coopération climatique internationale mené par un organisme à Madagascar. L'objectif du présent travail est d'évaluer les techniques agricoles de conservation des sols et de reboisement les plus appropriées au contexte malgache en se concentrant sur les pentes de collines dégradées et les bas-fonds dans la région à l'étude. Un portrait de la région présente ainsi les enjeux sociaux, économiques, environnementaux et informe sur le type de gouvernance politique en vigueur. Ces enjeux se caractérisent notamment par des problématiques liées à la pauvreté, la malnutrition, l'absence de techniques agricoles adaptées aux changements climatiques et à la dégradation des sols ainsi que des moyens paysans limités.

Les techniques agricoles actuelles sont, par la suite, exposées. De celles-ci, il est possible de constater que les moyens utilisés sont rudimentaires et que peu de techniques améliorées sont intégrées au mode de vie malgache. L'examen de projets de reboisement antérieurs a permis de relever différents enjeux locaux, tels que le vol des plants, la destruction de ceux-ci par le bétail ou encore par les feux de brousse. Enfin, de nombreuses techniques agricoles et de reboisement adaptées au contexte de la région à l'étude ont été explicitées. L'analyse de celles-ci a démontré que la technique des bandes herbacées et celle de semis direct sous couverture végétale permanente sont celles ayant le plus haut potentiel d'application. Cependant, elles ne représentent pas à elles seules la solution ultime aux enjeux soulevés. Une combinaison de techniques, en fonction des besoins du paysan, à court et à long terme, est suggérée et s'appuie sur les résultats pertinents obtenus pour plusieurs des autres techniques.

Les constats qui découlent de cet essai sont basés sur des éléments de l'étude qui méritent d'être réitérés. D'abord, il a été souligné la nécessité d'apporter des changements pressants dans le secteur agricole malgache. Puis, il a été constaté l'intérêt de combiner certaines techniques agricoles et de reboisement afin d'optimiser les résultats. Il a aussi été noté que la participation des locaux est centrale à la réussite d'un projet et que l'approche multiacteur permet de limiter les coûts défrayés par le paysan. Pour sa part, l'étape du suivi offre un meilleur soutien aux locaux suite à l'enseignement de la technique, elle est ainsi considérée comme un élément essentiel à l'ancrage d'une nouvelle technique dans le mode de vie malgache. En conclusion, les techniques proposées pourraient devenir les prémisses d'une nouvelle ère agricole et favoriser la transition d'une agriculture de subsistance à une agriculture plus résiliente.

## REMERCIEMENTS

La réalisation de cet essai fut une importunité exceptionnelle et enrichissante en tout point. Celui-ci signifie une réussite personnelle dont je suis particulièrement fière, mais qui n'aurait jamais pu être sans le soutien de plusieurs.

Je remercie l'Université de Sherbrooke ainsi que l'organisme et les partenaires malgaches du CDA Andohatepanaka qui m'ont permis de travailler sur la première phase d'un projet inspirant.

Je tiens à remercier spécialement ma directrice, Karine Vézina, avec qui travailler fut aussi enrichissant que plaisant. Tes conseils toujours avisés et ton esprit critique qui a su déceler les moindres imperfections m'ont permis de me dépasser sur bien des points.

J'aimerais également remercier les deux experts avec qui j'ai eu la chance de travailler durant cet essai. Ermin Menkovic, expert agricole, et Mathieu Dufresne, expert forestier, merci pour votre temps et votre expertise.

Enfin, j'aimerais remercier du fond du cœur ma famille et mes amis qui ont été un support précieux tout au long de cet essai. Finalement, je réserve une reconnaissance particulière à ma sœur qui est un modèle d'excellence et de dépassement de soi, merci pour tes conseils et tes sermons, ils m'ont permis de cheminer à travers cette épreuve.

## TABLES DES MATIÈRES

INTRODUCTION .....	1
1. MISE EN CONTEXTE DE LA PROBLÉMATIQUE.....	4
2. OBJECTIFS DU PROJET .....	7
3. DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE APPLIQUÉE .....	8
4. PORTRAIT DE LA RÉGION À L'ÉTUDE .....	10
4.1 Portrait des enjeux sociaux.....	10
4.1.1 Population, migration et pression sur les terres.....	10
4.1.2 Insécurité paysanne .....	12
4.1.3 Enclavement et vulnérabilité .....	14
4.1.4 Faible niveau de scolarisation .....	15
4.1.5 Accès limité aux services de santé et malnutrition intergénérationnelle .....	15
4.1.6 Accès restreint aux crédits et aux intrants agricoles .....	16
4.2 Portrait des enjeux environnementaux.....	17
4.2.1 État du sol et caractéristiques agricoles .....	17
4.2.2 Faible niveau de couverture végétale.....	18
4.2.3 Répartition pluviométrique annuelle.....	21
4.2.4 Accès à l'eau potable .....	22
4.2.5 Utilisation non durable de la ressource en eau .....	24
4.2.6 Événements météorologiques extrêmes .....	25
4.2.7 Enjeux liés à la biodiversité végétale locale.....	26
4.3 Portrait des enjeux économiques .....	26
4.3.1 Climat de pauvreté généralisée .....	26
4.3.2 Prépondérance du secteur agricole .....	27
4.4 Portrait des enjeux de gouvernance.....	28
4.4.1 Passé politique précaire.....	28
4.4.2 Décentralisation des pouvoirs .....	29
4.4.3 Satisfaction populaire et implication environnementale du gouvernement .....	32
5. PORTRAIT DES TECHNIQUES AGRICOLES ACTUELLES ET PROJETS DE REBOISEMENT	
PASSÉS .....	35
5.1 Techniques agricoles actuelles .....	35
5.1.1 Influence coloniale sur la gestion actuelle des terres agricoles .....	35
5.1.2 Cultures et enjeux dans les bas-fonds .....	36

5.1.3	Cultures et enjeux sur les pentes de collines dégradées .....	37
5.1.4	Difficultés liées à l'accès au matériel agricole.....	38
5.1.5	Potentiel agricole non exploité et productivité stable .....	39
5.1.6	La riziculture et ses effets sur le sol .....	40
5.1.7	Diversité des cultures insuffisante .....	41
5.1.8	Stratégies et techniques agricoles améliorées adoptées .....	42
5.2	Leçons apprises des projets de reboisement passés .....	44
5.2.1	Projet PRODAIRE .....	44
5.2.2	Projet MAHAVOTRA .....	46
5.2.3	Projet de la région d'Antsirabé .....	46
5.2.4	Projet pilote MANITATRA.....	47
5.2.5	Projet Arina .....	48
5.2.6	Projet dans les collines de Masindray.....	49
6.	TECHNIQUES AGRICOLES ET DE REBOISEMENT POTENTIELLEMENT APPLICABLES AU CONTEXTE MALGACHE .....	50
6.1	Techniques agricoles potentiellement applicables à la situation malgache .....	50
6.1.1	Technique de paillage .....	50
6.1.2	Plantes de couverture .....	53
6.1.3	Semis direct sous couverture végétale permanente .....	55
6.1.4	Rotation des cultures .....	57
6.1.5	Bandes herbacées .....	59
6.1.6	Bandes riveraines .....	61
6.1.7	Culture en terrasses .....	62
6.1.8	Diguettes filtrantes .....	64
6.1.9	Compostage .....	66
6.1.10	Lombricompostage .....	68
6.2	Techniques de reboisement potentiellement applicables à la situation agricole malgache .....	71
6.2.1	Introduction au concept d'agroforesterie et à certains types adaptés au contexte malgache .....	71
6.2.2	Une sélection intelligente et calculée .....	73
6.2.3	Régénération naturelle assistée par les paysans .....	76
6.2.4	Haies vives arbustives .....	78
7.	ANALYSE MULTICRITÈRE ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS .....	81
7.1	Choix des critères d'analyse .....	81

7.2	Système d'évaluation de l'analyse .....	85
7.3	Analyse multicritère des techniques potentielles et interprétation des résultats .....	86
8.	PRINCIPAUX CONSTATS DE L'ÉTUDE .....	104
8.1	L'urgence d'agir .....	104
8.2	Combiner les techniques pour obtenir le meilleur de chacune .....	104
8.3	Les locaux : des acteurs intégrant du changement .....	105
8.4	Une approche multiacteur afin de limiter les coûts défrayés par les paysans .....	105
8.5	Le suivi : un élément essentiel à l'ancrage d'une nouvelle technique dans le mode de vie malgache .....	105
8.6	La sensibilisation des multiples usages d'une technique .....	106
	CONCLUSION .....	107
	RÉFÉRENCES .....	109

## LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figure 4.1	Exemple de couverture végétale dans la région à l'étude .....	19
Figure 4.2	Lavakas dans la vallée de Bemolanga, dans la région à l'étude .....	21
Figure 4.3	Températures et précipitations moyennes .....	22
Figure 4.4	Réseau hydrographique de la région à l'étude.....	23
Figure 4.5	À gauche, un exemple de culture en bordure d'un lac et, à droite, un <i>tanety</i> surplombant un point d'eau .....	24
Figure 4.6	Évolution des superficies de cultures détruites après des cyclones ou des inondations..	25
Figure 6.1	Paillis de luzerne sur culture de riz, Madagascar .....	52
Figure 6.2	Couverture d'Arachis pintoï dans une culture d'agrumes, Madagascar .....	53
Figure 6.3	SCV à gauche et sur la droite un système de culture traditionnel .....	56
Figure 6.4	SCV avec maïs et niébé comme plante de couverture .....	57
Figure 6.5	Bandes enherbées en saison hivernale .....	59
Figure 6.6	Bandes enherbées en saison sèche .....	59
Figure 6.7	Bande riveraine le long d'un cours d'eau, Burkina Faso .....	61
Figure 6.8	Une surface agricole conventionnelle et une surface avec les terrasses Fanya-juu .....	64
Figure 6.9	Diguette filtrante en aval d'un champ au Sahel .....	66
Figure 6.10	Étapes de la création d'un compost .....	67
Figure 6.11	Cycle de rétroactions positives dans l'agroforesterie .....	72
Figure 6.12	Jachère améliorée, Burkina Faso .....	73
Figure 6.13	Haie vive dans la région de Zinder au Niger .....	78
Tableau 4.1	Superficie des sols .....	18
Tableau 5.1	Techniques agricoles utilisées pour la culture pluviale .....	37
Tableau 5.2	Fréquence d'utilisation des techniques améliorées dans la région à l'étude .....	43
Tableau 6.1	Quantité de terre perdue en raison de l'érosion dans différents types de cultures pluviales .....	54
Tableau 6.2	Recensement des essences souvent mises en terre .....	76
Tableau 7.1	Définitions et justifications des critères de l'analyse multicritère .....	82
Tableau 7.2	Analyse multicritère première partie .....	88
Tableau 7.3	Interprétation sommaire des résultats de l'analyse - première partie .....	92
Tableau 7.4	Analyse multicritère seconde partie.....	94
Tableau 7.5	Interprétation sommaire des résultats de l'analyse - seconde partie .....	99
Tableau 7.6	Interprétation globale des résultats .....	101



## LISTE DES ACRONYMES, DES SYMBOLES ET DES SIGLES

AC	Agriculture de conservation
ACI	Agriculture climato-intelligente
AF	Agroforesterie
AIDMR	Association Inter-zone pour le Développement en Milieu Rural
AMCC	Alliance Mondiale du Changement Climatique
ASMADA	Association d'aide au développement de communes rurales à Madagascar
BIA	Bataillons inter-arme
BM	Banque mondiale
CAPFIDA	Cellule d'appui au programme FIDA
CASEF	Croissance Agricole et de Sécurisation Foncière
CCD	Commission Climat et développement
CDFA	Coût de la faim en Afrique
CREAM	Centre de Recherches, d'Études et d'Appui à l'Analyse Économique à Madagascar
DRDA	Direction Régionale du Développement Agricole
DREEMF	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Écologie, de la Mer et des Forêts
FAO	<i>Food and Agriculture Organisation of the United Nations</i>
FIDA	Fonds international de développement agraire
FIHOQ	Fédération interdisciplinaire de l'horticulture ornementale du Québec
GELOSE	Gestion locale sécurisée
GIZ	<i>Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit</i>
GSDM	Groupement Semis Direct de Madagascar
INSTAT	Institut National de la Statistique
JICA	Agence Japonaise de Coopération Internationale
M2PATE	Ministère d'État chargé des Projets Présidentiels, de l'Aménagement du Territoire et de l'Équipement
MAEP	Ministère de l'Agriculture et de l'Élevage et de la Pêche
MELCC	Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
MINENVEF	Ministère de l'Environnement, des Eaux et Forêts

OMS	Organisation mondiale de la Santé
ONE	Office National pour l'Environnement
ONG	Organisation non gouvernementale
ONU	Organisation des Nations Unies
ORN	Office Régional de la Nutrition
PAM	Programme alimentaire Mondial
PDC NDT	Programme de définition des cibles de neutralité en matière de dégradation des terres
PGE	Politique Générale de l'État
PIB	Produit intérieur brut
PNUD	Programme des Nations Unies pour le développement
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'environnement
RNAF	Régénération naturelle assistée par les paysans
SCV	Semis direct sous couverture végétale permanente
SDmad	Semis Direct de Madagascar
SRI	Système de riz intensif
TGRN	Transfert de gestion des ressources naturelles

## LEXIQUE

Bas-fond	Surface plane et habituellement étroite avec un sol surchargé d'eau en raison de sa proximité avec la nappe phréatique (Randriamanga Ratsivalaka, 2012).
Dahalo	Criminels représentant l'une des principales sources d'insécurité de la population malgache. Ce sont des voleurs de bœufs qui, avec le temps, ont réussi à créer une économie illégale distincte à celle de la société (Wendenbaum, 2010b).
Dina	Type de convention collective malgache conçue par le peuple qui comprend des règles concernant l'organisation de la société (PNUD, 2020).
Lavaka	Ravine rougeâtre créée par l'eau souterraine qui par « un processus de sape s'attaque à la couche de sol friable et entraîne les éléments érodés vers les zones de dépôts » (Wendenbaum, 2010a).
Modèle LIFE	Modèle ayant pour objectif la vulgarisation et la pérennisation des activités de développement rural et de conservation des sols. Ces activités doivent être menées par les paysans qui résident dans les zones dégradées ou qui y travaillent. Des formations permettent aux locaux d'acquérir les connaissances nécessaires (Agence Japonaise de Coopération Internationale [JICA], s. d.).
Période de soudure	Période précédant les premières récoltes (CAPFIDA, 2006).
Tanety	Pentes de collines dégradées (Raharison et al., 2016).

## INTRODUCTION

L'époque moderne, comme les époques avant elle, est affligée par des enjeux sociaux, économiques, politiques et environnementaux. Cette dernière catégorie vient cependant prendre une ampleur comme jamais auparavant. En effet, les enjeux environnementaux sont exacerbés par l'avènement de plus en plus rapide des changements climatiques qui amplifient les problématiques modernes et augmentent la vulnérabilité des populations, notamment dans les pays d'Afrique. Ces pays, en plus de ressentir plus durement les effets des changements climatiques, sont les moins aptes à réagir et à s'adapter aux conséquences du bouleversement climatique. Celui-ci menace la santé humaine, la sécurité alimentaire et hydrique ainsi que le développement socio-économique des pays d'Afrique. (Organisation des Nations unies [ONU], 2020) Les enjeux déjà bien présents sur ce continent limitent les possibilités de développement des populations et, bien souvent, les maintiennent dans un état de pauvreté et d'instabilité élevé.

Une grande partie de ces pays vivent majoritairement grâce à l'exploitation de leurs ressources naturelles et, plus particulièrement, de l'agriculture. Ainsi, une hausse des températures engendrée par les changements climatiques risque d'affecter grandement ce secteur et donc la qualité de vie de millions d'individus. En fait, d'ici 2050, un réchauffement planétaire de deux degrés Celsius provoquerait une diminution de 10 % du rendement agricole en Afrique subsaharienne. Étant donné qu'il est fort probable que le réchauffement soit supérieur à ce chiffre, il est aisé de prévoir une plus forte chute du rendement agricole et l'augmentation de la précarité des populations d'Afrique. (Munang et Andrews, 2014)

De manière plus spécifique, Madagascar est un pays d'Afrique qui est grandement défini par son caractère agricole et sa vulnérabilité face aux changements climatiques. En réalité, l'agriculture représente 80 % du secteur économique (Joyeux et Enjalric, s. d.). Les changements climatiques dans le pays sont caractérisés par une hausse des températures et des sécheresses dans le sud, alors qu'au nord du pays les précipitations se font plus vives et les inondations plus récurrentes. Les cyclones sont aussi de plus en plus fréquents. (Bourgeois-Lortie, 2020) Les ressources naturelles uniques de l'île en ressentent également les effets. Cependant, les changements climatiques ne sont pas les seuls responsables de ces pressions. Les techniques agricoles inadaptées ainsi que la déforestation sont deux problématiques importantes qui contribuent à la dégradation des terres dans cette partie du monde. (Dabat et Jenn-Treyer, 2010)

Bien que toutes les régions de cette grande île soient affectées, une région du Moyen Ouest a attiré l'attention d'un organisme (Organisation catholique canadienne pour le développement et la paix). Cet

organisme a plusieurs missions, notamment de soutenir des partenaires dans le Sud afin de développer différentes possibilités d'alternatives aux structures sociales, politiques et économiques qui posent préjudices. L'organisme a mené bon nombre de missions locales dans des secteurs tels que l'agriculture, l'éducation, l'action communautaire, la consolidation de la paix et la défense des droits humains. (Développement et Paix, 2020) Ainsi, l'organisme souhaite, grâce à son projet RENIALA<sup>1</sup>, renforcer les capacités de la population de la région à l'étude. Cet essai consiste en une phase exploratoire qui vise à identifier des techniques agricoles et de reboisement potentiellement applicables au contexte de la région à l'étude. Idéalement, ces techniques seraient adaptées aux changements climatiques et assureraient une régénération des terres tout en subvenant aux besoins alimentaires de la population.

Les techniques agricoles et de reboisement ont notamment été visées, puisque la population dépend majoritairement de l'agriculture pour survivre. Toutefois, les terres agricoles sont de plus en plus dégradées et toute accentuation de cette dégradation engendrera des répercussions graves sur la capacité de la population à se nourrir. En vérité, celle-ci souffre déjà de nombreux maux liés aux difficultés alimentaires. Il est vu que la malnutrition est l'une des principales causes de morbidité dans la région. (Ministère de l'Agriculture et de l'Élevage et de la Pêche [MAEP], 2016) Également, il est estimé qu'en 2013, 51,4 % des enfants de la région ont un retard de croissance lié à une carence alimentaire (Coût de la Faim en Afrique [CDFA], 2016). En plus d'affecter la présente génération, les enjeux alimentaires affectent les capacités des générations futures. Cet état de vulnérabilité sera inexorablement amplifié si rien n'est accompli dans les prochaines années afin d'améliorer la productivité et la résilience des techniques agricoles malgaches.

De plus, la couverture végétale de la région n'est constituée que de savanes herbeuses et graminées et les formations forestières n'occupent plus que 2,26 % du territoire. Les savanes sont victimes de récurrents feux de brousse et l'élevage est problématique dans l'optique où les bêtes divaguent sur le territoire et éliminent le peu de végétation au sol ne permettant pas à celle-ci de se régénérer. (Cellule d'appui au programme FIDA [CAPFIDA], 2006; Programme de définition des cibles de neutralité en matière de dégradation des terres [PDC NDT], 2018) Les sols dénudés de végétation sont donc extrêmement

---

<sup>1</sup> Le projet a comme visée de protéger les moyens de subsistance de la population grâce à l'intégration de nouvelles techniques de conservation des sols à Antananarivo et dans la région à l'étude. Ce projet veut « augmenter la résilience de la population face aux impacts des changements climatiques par l'adoption de pratiques durables et normes légitimées ». (Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques [MELCC], 2021)

vulnérables à l'érosion. De plus, la riziculture est la culture la plus primée dans la région et se fait majoritairement sur les pentes de collines (*tanety*) et dans les bas-fonds. Néanmoins, l'érosion engendre l'engrasement et l'ensablement des rizières cultivées dans les bas-fonds. Pour leur part, les *tanety* sont souvent dégradés avec une faible quantité de matière organique au sol, ce qui rend nécessaire l'ajout d'engrais et d'éléments chimiques, des intrants difficiles à se procurer pour les paysans. (MAEP, 2016; Banque Mondiale [BM], 2016) En somme, l'agriculture malgache est affectée par une pluralité de facteurs qui contribue à renforcer la vulnérabilité des populations.

Cela dit, cet essai sera composé de huit sections. Tout d'abord, une mise en contexte de la problématique sera faite. Celle-ci sera suivie des objectifs de cet essai et de la méthodologie utilisée pour la réalisation de celui-ci. Ensuite, un portrait de la région à l'étude sera dressé, dans celui-ci sera vue les enjeux sociaux, environnementaux, économiques et de gouvernance de la région. La section suivante décrira les techniques agricoles actuelles et les projets de reboisement passés. Celle-ci mettra en évidence les techniques présentement utilisées dans la région, en plus de relever les leçons apprises lors des projets de reboisement passés. Par la suite, les techniques agricoles et de reboisement potentiellement applicables à la situation malgache et étant susceptibles de répondre aux enjeux soulevés dans le portrait de la région seront détaillées. Par après, une analyse multicritère sera faite afin de comparer les techniques trouvées dans la précédente section. Enfin, des constats seront dressés dans le but de réitérer les observations importantes faites tout au long de l'essai et ayant pour visée d'orienter l'organisme dans la prise en charge du projet RENIALA.

## 1. MISE EN CONTEXTE DE LA PROBLÉMATIQUE

L'île de Madagascar est située dans l'océan Indien et est l'une des plus grandes îles au monde. Située à l'écart du continent africain, elle abrite 25,6 millions d'habitants ainsi qu'une biodiversité sans égale (Banque mondiale [BM], 2020). Depuis 1960, environ 44 % de la forêt naturelle est disparue (Cirad, 2018, 17 mai). En fait, chaque année l'île enregistre des pertes moyennes de 0,53 % de la superficie de la forêt. La principale activité économique de ce pays est l'agriculture, celle-ci représente 80 % du secteur économique et contribue à 23 % du produit intérieur brut (PIB) national (Joyeux et Enjalric, s. d.; Desloges, 2001). Au niveau de la pauvreté, la population malgache enregistre l'un des taux les plus élevés du globe. Le pays figure en quatrième position pour ce qui est de la malnutrition chronique. (BM, 2020a) À titre indicatif, l'indice de développement humain de Madagascar est de 0,521 ce qui correspond à un développement humain faible (Programme des Nations Unies pour le développement [PNUD], 2019). Sans oublier que cette grande île est l'un des pays d'Afrique les plus éprouvés par les changements climatiques avec une moyenne de trois cyclones annuellement. (BM, 2020a) Bien que les enjeux environnementaux, sociaux et économiques soient nombreux dans ce pays, certains en lien avec la déforestation, l'érosion et la dégradation des sols en milieu agricole sont alarmants quant aux répercussions sur la sécurité alimentaire, et ce, particulièrement dans un contexte de changements climatiques (Office régional de la nutrition de Bongolava [ORN Bongolava], s. d.).

Effectivement, l'ensemble des régions de Madagascar sont aux prises avec ces enjeux, mais ceux-ci sont particulièrement importants dans la région à l'étude, une région dans la province d'Antananarivo située au centre de l'île. (CAPFIDA, 2006) La déforestation est causée par certaines techniques agricoles, mais aussi par les coupes forestières pour le bois de chauffe. En effet, les habitants ont besoin de bois pour se chauffer et les alternatives à celui-ci telles que l'électricité ne sont accessibles que pour une très faible proportion de la population (Centre de recherches, d'études et d'appui à l'analyse économique à Madagascar [CREAM], 2013). Le principal type de combustible pour 91,8 % de la population est le bois ce qui engendre inévitablement une forte pression sur les ressources ligneuses de la région. (Institut national de la statistique [INSTAT], 2013a)

Au niveau agricole, la riziculture est très prisée. Toutefois, en raison des problématiques d'érosion des sols en amont, des problèmes de sédimentation et d'envasement affectent 80 % des rizières. Effectivement, puisque le couvert forestier a été pratiquement anéanti par l'agriculture sur brûlis, le sol dénudé de végétation est extrêmement vulnérable à l'érosion. Également, les éleveurs provoquent régulièrement des feux de brousse afin que de nouvelles herbes poussent et puissent nourrir leur bétail. Cependant, cette

technique ne fait qu'aggraver l'état déjà préoccupant du sol. (Programme des Nations Unies pour l'environnement [PNUE], 2019) De surcroît, les pluies intenses contribuent à la dégradation du sol, puisqu'elles aggravent l'effet d'érosion et contribuent à la création de ravines (Rajaonarimalala, 2018). Un phénomène complexe appelé *lavakas* est en partie responsable de l'ensablement des champs des paysans. (PNUE, 2019) Les *lavakas* sont des ravines rougeâtres créées par l'eau souterraine. Celle-ci par « un processus de sape s'attaque à la couche de sol friable et entraîne les éléments érodés vers les zones de dépôts » (Wendenbaum, 2010a). De nombreuses conditions doivent être réunies pour que ce phénomène d'affaissement du sol se produise, mais celui-ci est très présent dans le paysage de la région à l'étude.

Également, une technique d'agriculture malgache est la culture sur les pentes de collines dégradées (*tanety*). Ces pentes sont très pauvres en minéraux et en matière organique, mais une grande partie de la culture se fait sur celles-ci. Les pentes sont souvent très érodées et on y trouve une grande quantité de *lavakas*. (Raharison et al., 2016)

Dans un même ordre d'idées, les bas-fonds sont également des zones exploitées pour y pratiquer l'agriculture, car ceux-ci sont continuellement humides en raison de leur proximité avec la nappe phréatique. (Randriamanga Ratsivalaka, 2012) Cependant, les bas-fonds sont des milieux complexes qui peuvent engendrer certaines problématiques hydriques, telles que des inondations trop sévères lors d'une période donnée ou, moins souvent, un manque d'eau en cas de sécheresses ou de pluies tardives. (Komi Selom, 2001) Les systèmes d'irrigation sont très précaires ce qui fait en sorte que les bas-fonds sont parfois sujets aux crues soudaines. Néanmoins, les bas-fonds sont, de manière générale, nettement plus stables et fertiles que les *tanety*. (Raharison et al., 2016)

Ainsi, les techniques agricoles demeurées majoritairement traditionnelles et la faible présence de techniques agricoles améliorées empêchent une utilisation adéquate du sol et entraînent sa dégradation. Cette dégradation vient inévitablement affecter la sécurité alimentaire de la population. À son tour, la faible couverture végétale de la région appauvrit le sol et, à certains endroits, celui-ci ne se soutient plus. Cela a pour conséquence d'engendrer des *lavakas* qui, à leur tour, sont susceptibles de causer de l'engorgement dans les champs. La culture sur les pentes de collines dégradées est sujette à l'érosion et la culture sur les bas-fonds subit des inondations récurrentes (PNUE, 2019). En ce sens, l'utilisation de techniques agricoles inadaptées à la dégradation du sol en plus des conséquences futures des changements climatiques placent la région à l'étude dans un état de vulnérabilité avérée (Onitsoa Andriamasinoro et Sarrasin, 2015).



Dans l'optique d'atténuer ces problèmes, certaines organisations travaillent actuellement dans la région ou ont déjà été présentes dans celle-ci, notamment, le programme des Nations Unies pour l'environnement et l'Association nationale des actions pour l'environnement de Madagascar. (PNUE, 2019) Également, pour ce qui concerne les feux de brousse (notamment en lien avec l'agriculture sur brûlis) et la déforestation, la Direction Régionale du Développement Agricole (DRDA), le Fonds International pour le Développement Agricole (FIDA) et la FAO (Food and Agricultural Organisation) se divisent plusieurs tâches (ORN Bongolava, s. d.). En ce qui concerne les projets de reboisement, les acteurs sont variés. Ceux-ci sont autant des organisations locales telles que l'organisation Cœur de Forêt ou encore l'Association d'aide au développement de communes rurales à Madagascar que des intervenants étrangers tels que l'Agence japonaise de Coopération internationale. (Agence Japonaise de Coopération Internationale [JICA], 2018; Association Cœur de forêt, s. d. et Association d'aide au développement de communes rurales à Madagascar [ASMADA], s. d) En bref, une pluralité d'acteurs est impliquée dans la gestion des enjeux relatifs à la dégradation du sol et à la déforestation en milieu agricole, néanmoins les constats demeurent, encore à ce jour, préoccupants.

À la lumière de ces observations, il est indispensable de réfléchir à des techniques agricoles et de reboisement qui favorisent la conservation des sols et qui permettraient de répondre aux enjeux systémiques de la région à l'étude.

Conséquemment, la question spécifique à laquelle cette étude tentera de répondre est la suivante : quelles sont les techniques agricoles et de reboisement qui favorisent la conservation des sols et qui sont les plus appropriées au contexte malgache afin de répondre aux enjeux sociaux, environnementaux, économiques et de gouvernance en lien avec les pentes de collines dégradées et des bas-fonds dans la région à l'étude?

## **2. OBJECTIFS DU PROJET**

La présente étude a comme objectif principal d'évaluer les techniques agricoles de conservation des sols et de reboisement les plus appropriées au contexte malgache en se concentrant sur les pentes de collines dégradées et les bas-fonds dans la région à l'étude. Subséquemment, cet essai favorisera une prise de décision éclairée quant aux initiatives d'adaptation des pratiques agricoles aux changements climatiques pertinentes à implanter dans le cadre du projet RENIALA. Un projet qui vise à renforcer les capacités de la population de la région à l'étude.

Les objectifs spécifiques de l'essai sont :

- Définir le contexte de la région à l'étude en dressant un portrait des enjeux sociaux, environnementaux, économiques et de gouvernance en lien avec la déforestation et la dégradation des sols en milieu agricole (bas-fond et pentes de collines dégradées);
- Caractériser les techniques agricoles actuelles et les projets de reboisement passés;
- Effectuer une revue de littérature des techniques agricoles et de reboisement durables pouvant être appliquées au contexte de la région à l'étude;
- Analyser la pertinence de ces nouvelles techniques de conservation des sols et de reboisement en fonction des conditions découlant du contexte malgache;
- Réitérer les constats les plus significatifs ressortant de la présente étude.

### **3. DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE APPLIQUÉE**

Cette section définira les étapes de la démarche méthodologique du présent essai. Celles-ci seront brièvement expliquées afin de montrer la rigueur utilisée tout au long de ce travail.

#### **Étape 1 - Définir le contexte malgache**

Pour répondre à l'objectif du travail, une analyse documentaire a d'abord été faite. Plus précisément, une revue de littérature fut effectuée afin de saisir l'ensemble des caractéristiques du contexte malgache ainsi que les problématiques y étant associées. L'objectif ici fut de dresser un portrait des enjeux multidisciplinaires en lien avec la dégradation des sols et la déforestation en milieu agricole et, plus particulièrement, pour la région à l'étude. Les enjeux prioritaires définis dans cette section seront ensuite utilisés sous forme de critères guidant la comparaison des techniques agricoles et de reboisement développées lors de la quatrième étape.

#### **Étape 2 - Caractériser les techniques agricoles actuelles et les projets de reboisement passés**

Cette seconde étape consiste en une recherche approfondie des techniques agricoles utilisées dans cette région du Moyen Ouest ainsi que du recensement des projets de reboisement passés. Pour ce faire, une revue de littérature sur les pratiques utilisées dans la région à l'étude fut effectuée. Par manque d'information sur la région cible, des informations provenant des régions voisines ayant un même cadre technique et climatique ont également été utilisées. Enfin, les projets de reboisement qui ont été entrepris dans la région ou dans les régions voisines à celle-ci furent examinés afin de noter les leçons apprises et les recommandations formulées lors de ceux-ci.

#### **Étape 3 - Identifier des techniques de conservation des sols et de reboisement potentiellement applicables**

Cette troisième étape consiste en une recherche élargie de potentielles techniques de conservation des sols agricoles et de reboisement qui seraient adaptées au contexte malgache dans la région à l'étude. Pour ce faire, une revue de littérature a été réalisée dans des pays ayant des contextes similaires. Les techniques sélectionnées ont préalablement subi un tri lors de la revue de littérature afin de s'assurer que celles-ci étaient réalisables dans un contexte tel que celui de la région à l'étude.

#### **Étape 4 - Analyser l'applicabilité des techniques recensées et interpréter les résultats**

Lors de cette quatrième étape, la pertinence des nouvelles méthodes trouvées fut analysée à l'aide d'une analyse multicritère. L'analyse est basée sur des critères déterminés grâce aux enjeux soulevés lors de la première étape de cet essai. Ces critères sont précis, clairs, adaptés à la réalité de Madagascar et servent à évaluer et à comparer chacune des techniques sélectionnées. Ces critères ont tout autant servi lors de l'analyse des techniques agricoles de conservation des sols que lors de l'évaluation des techniques de reboisement. La conclusion de cette étape correspond à un bilan exposant les techniques agricoles et de reboisement les plus appropriées au contexte de la région à l'étude.

#### **Étape 5 - Réitérer les constats les plus significatifs**

La dernière étape de la démarche méthodologique met en évidence les constats les plus importants à réitérer. Ceux-ci s'appuient sur les recherches faites lors de chaque étape de cet essai en plus de se baser sur les résultats obtenus grâce à l'analyse multicritère.

#### **4. PORTRAIT DE LA RÉGION À L'ÉTUDE**

Cette première section posera les prémisses de l'étude et répondra au premier sous-objectif qui consiste à définir le contexte de la région à l'étude. Pour ce fait, il sera dressé un portrait des enjeux sociaux, environnementaux, économiques et de gouvernance en lien avec la déforestation et la dégradation des sols en milieu agricole dans la région à l'étude.

##### **4.1 Portrait des enjeux sociaux**

Le portrait des enjeux sociaux met de l'avant la population de la région à l'étude ainsi que les conditions dans lesquelles elle évolue. Il sera d'abord présenté le lien entre la population, la migration et la pression sur les terres. Ensuite, il sera montré comment l'insécurité est un obstacle au développement agricole, l'enclavement et la vulnérabilité des populations, le niveau de solarisation, l'accès limité aux services de santé et l'étendue de la malnutrition ainsi que les enjeux d'accès aux crédits et aux intrants agricoles.

###### **4.1.1 Population, migration et pression sur les terres**

La région à l'étude est une région dans la province d'Antananarivo composé d'environ 509 092 habitants (estimation de 2018) (Ministère de l'Agriculture et de l'Élevage et de la Pêche [MAEP], 2018a). Ces derniers sont divisés dans deux sous-préfectures, soit Tsiroanomandidy et Fenoarivobe qui à leur tour sont composés respectivement de 20 communes et de 10 communes. (Office national pour l'environnement [ONE], s. d.; ORN Bongolava, s. d.) En raison des caractéristiques géographiques et physiques de chaque district, la répartition spatiale de la population est inégale. En fait, un peu plus de 70 % de celle-ci se concentre à Tsiroanomandidy, la capitale économique de la région. (MAEP, 2016) Cette dernière est le siège de nombreuses activités économiques et offre une pluralité de services de base, alors que Fenoarivobe est davantage un milieu rural.

En ce qui concerne la composition des ménages à Bongolova, le nombre d'enfants par famille est un peu plus élevé à Fenoarivobe que dans la capitale économique. En campagne, les services de base sont souvent à de plus grandes distances et en plus petite quantité ce qui peut avoir un effet sur le niveau de fécondité de la femme. Plus précisément, en ville, l'accès à des services de santé et d'éducation influence à la baisse le taux de fécondité, en apportant, entre autres, l'accès à une plus vaste étendue de connaissances aux femmes et une période prolongée de l'école. En milieu rural, les femmes n'ayant pas accès à autant de services de santé et de connaissances ont souvent bien plus d'enfants. (MAEP, 2016)

De manière générale, il faut savoir que la région à l'étude enregistre l'un des taux d'accroissement annuel moyens les plus élevés avec une augmentation de sa population de 4,31 % par an pour la période allant de 1993 à 2018. (Institut national de la statistique Madagascar [INSTAT], 2019) Ce taux n'étant pas seulement dû aux naissances, il est important de noter que cette région est caractérisée par une diversité ethnique importante en raison du fort degré d'immigration.

Effectivement, la région à l'étude détient des conditions climatiques et un sol qui sont favorables à l'exploitation agricole, contrairement aux régions du Sud où la sécheresse sévit, l'immigration y est donc importante. Le manque de terres arables dans les régions d'origines des migrants a motivé et motive toujours cette migration. (CREAM, 2013) L'ensemble des 18 ethnies qui se trouvent sur l'île sont représentées dans la région à l'étude. La majorité est Merina et Betsileo, mais il y a également les Bara, Antandroy, Mahafaly, Sakalava, Tsimihety et Betsimisaraka. (ONE, s. d.)

Dans la même optique, des migrations temporaires ou permanentes peuvent être motivées par l'élevage du bétail. Des populations du Sud se déplacent vers l'ouest afin de profiter des larges pâturages et du commerce lié aux bœufs. Il faut savoir qu'à Tsiroanomandidy se trouve l'un des plus importants marchés de zébus du pays. Ce marché génère une foule d'activités et permet de nombreux échanges. Dans celui-ci, la majorité des collecteurs sont des Antandroy et des Mahafaly, ces derniers envoient souvent l'argent gagné dans leur terre natale. Les Betsileo et Merino sont souvent des cultivateurs, mais les Betsileo peuvent aussi être des éleveurs. Tsiroanomandidy, grâce aux services de base qui y sont offerts, aux activités entourant le marché de zébus ainsi qu'en raison des terres inexploitées qui s'y trouvent est grandement attrayante pour les migrants.

Somme toute, ce territoire du Moyen Ouest est visé par de nombreux flux migratoires ce qui contribue à la définition du portrait agricole de la région. À titre indicatif, pour cette région, le nombre d'exploitations agricoles est passé de 23 257 à 72 840 entre 1994 et 2004. En ce sens, la superficie de culture a aussi largement augmenté dans la région et est passée de 55 355 hectares (ha) en 1999 à 93 413 ha en 2004. (Rakotonarivo et al., 2010) Ici, il est possible de déduire que la pression sur les terres augmente en même temps que la croissance démographique de la région.

Ces flux de migrations apportent un lot d'avantages et d'inconvénients. Au niveau des avantages, il y a le partage des connaissances entre les migrants et les locaux. Entre autres, sur les pratiques agricoles apportées par les migrants, bien que celles-ci doivent être adaptées au climat de la région. Aussi, il est noté que ce type d'échange de savoir-faire peut alimenter un certain esprit de compétition qui est

profitable au développement des cultures et à l'économie. Aussi, le flux de circulation favorise le développement des services de base et des échanges commerciaux, cela est plus particulièrement le cas à Tsiroanomandidy. Cependant, des conséquences se dégagent également des migrations continues. En effet, la croissance de la population notamment dans la capitale économique de la région va de pair avec la construction de nouveaux logis. Leur construction cause une diminution de la surface agricole et de la végétation qui est déjà faiblement présente sur territoire. (Harinaivalona, 2019)

Aux migrations classiques présentes dans la région, s'ajoutent aujourd'hui les migrations climatiques. En raison des changements climatiques, de nombreux individus sont poussés de plus en plus vers le nord et l'ouest de l'île. Effectivement, dans un récent rapport du conseil du ministre, il est indiqué que « 30 % de la population de quelques communes du Sud de Madagascar ont commencé à migrer vers le Nord et l'Ouest du pays depuis 2015 à ce jour » (Mandimbisoa, 2021, 14 janvier). La sécheresse est notamment en cause dans ce type de migration et le phénomène de désertification pousse de plus en plus de paysans à chercher de nouveaux territoires. Ceux-ci se dirigent vers des régions telles que la région à l'étude où les ressources en terres arables ne sont pas encore surexploitées. Finalement, la pandémie de Covid-19 a aussi joué un rôle dans la migration interne du pays. En effet, un mouvement d'exode de la population urbaine vers les campagnes a vu le jour. Comme les activités économiques sont arrêtées dans les villes, les citoyens doivent trouver des solutions pour se nourrir et ceux ayant des familles dans les campagnes vont les rejoindre. (Manjakahery, 2020, 28 mars) Il est encore trop tôt pour mesurer l'étendue de cette migration et l'ensemble des perturbations que cela va créer, toutefois il est aisé de comprendre que pour une population déjà très vulnérable, un tel choc sanitaire est dramatique.

#### **4.1.2 Insécurité paysanne**

Bien que le caractère agricole de la région la rende attrayante pour les migrants, la population de celle-ci demeure relativement pauvre. D'ailleurs, il existe un lien étroit entre la pauvreté des ménages et la date à laquelle ils ont immigré dans la région à l'étude. Effectivement, ceux étant tout récemment installés font face à plusieurs contraintes (trouver un logement, un emploi, subvenir à leurs besoins de base, etc.). Pour les familles plus pauvres, ayant immigré ou non, l'éventail des choix de travail est plus restreint. Ceux-ci se concentrent au niveau du travail de la terre ou à des activités de substitution durant la période de soudure (période précédant les premières récoltes). (CAPFIDA, 2006)

Une source d'insécurité dans la région est l'insécurité foncière. Celle-ci a une influence considérable sur la superficie totale de terres cultivées. En fait, la région contient 51 % de terres cultivables et ce n'est que

17,19 % qui sont exploitées, selon un rapport de 2018. Il est certain que l'insécurité foncière n'est pas la seule explication à cette situation, toutefois, celle-ci joue un rôle important dans le développement du secteur agricole (MAEP, 2018a). Il faut cependant mentionner que, depuis peu, la région à l'étude a des guichets fonciers qui comptent parmi les plus dynamiques du pays et qui offrent une sécurisation foncière décentralisée. Cela résulte du projet de réforme foncier à Tsiraomandidy nommé Vahatra qui a débuté en 2014 (Delcourt, 2018). Le projet CASEF<sup>2</sup> actuellement en cours dans la région met aussi en branle des mécanismes de sécurisation foncière et veut faciliter l'accès aux marchés pour les ménages agricoles (Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche [MAEP], 2019). Néanmoins, celui-ci est récent et les résultats ne sont pas encore démontrés dans la région.

Une seconde source d'insécurité ressentie par la population est celle liée aux crimes. Une étude de 2010 auprès de certains ménages a démontré que 27,2 % de ceux-ci ont été victimes de vols et d'actes criminels, notamment par les *dahalo*<sup>3</sup> (ORN, s. d.). Les attaques de *dahalo*, en plus d'être parfois meurtrières, privent les paysans d'outils de travail indispensables, c'est-à-dire les zébus. Bien que toutes les familles agricoles soient loin de posséder un ou plusieurs zébus, certaines en ont et cela est un net avantage au niveau agricole. Ainsi, suite à une attaque de ces bandits, les familles sont dépossédées d'un bien et même de leur économie « sur pied », puisqu'un bœuf est un investissement pour les ménages malgaches. (Droy et al., 2010) Cela a aussi comme effet de décourager les ménages à se procurer des bêtes et/ou encourage des familles à vendre une grande partie de celles qu'elles possèdent par peur de représailles. (Ramahatafandry, 2018) Donc, les *dahalo* ont un impact direct sur l'économie de la société en affectant la capacité de travail des paysans.

D'ailleurs, la région à l'étude est identifiée comme une zone étant fortement touchée par ce phénomène, et ce, malgré les efforts déployés par le gouvernement et la population pour corriger la situation. Plusieurs stratégies sont utilisées, comme la mise en place par le gouvernement de bataillons inter-arme (BIA) à Tsiroanomandidy, la mise en vigueur de détachements autonomes de sécurité par des communes en

---

<sup>2</sup> Le projet de Croissance Agricole et de Sécurisation Foncière (CASEF) est mis en branle par le Gouvernement de Madagascar. Celui-ci a débuté en 2016 et devrait se poursuivre jusqu'en juin 2021. Un financement additionnel de la Banque mondiale a été offert au gouvernement national en 2018 afin de couvrir plus de régions, dont la région à l'étude (MAEP, 2019).

<sup>3</sup> Les *Dahalo* sont des criminels représentant l'une des principales sources d'insécurité de la population malgache. Ce sont des voleurs de bœufs qui, avec le temps, ont réussi à créer une économie illégale distincte à celle de la société. (Wendenbaum, 2010b)



partenariat avec la gendarmerie ou encore des conventions tels que les *Dina*<sup>4</sup> (CAPFIDA, 2006; Midi Madagasikara, 2020, 5 novembre; Pellerin, 2017). Ceci ne représente que quelques-unes des stratégies visant à réduire la portée des *Dahalo* et, bien qu'elles apportent une certaine aide, l'insécurité des populations vis-à-vis ces bandits demeure très forte. En somme, ce phénomène produit un sentiment d'insécurité persistant dans la société en plus de freiner le potentiel agricole de la région.

#### **4.1.3 Enclavement et vulnérabilité**

Un autre enjeu auquel doit faire face cette population est l'enclavement des communes. L'enclavement aggrave la vulnérabilité des individus, les problèmes de sécurité alimentaire et la paupérisation du peuple. Cet enjeu d'accessibilité est présent une grande partie de l'année, mais plus spécifiquement durant la saison des pluies où les chemins sont impraticables. (ORN Bongolava, s. d.) Ce phénomène résulte d'un manque ou d'une absence d'infrastructures routières. Cela a pour conséquence d'augmenter la vulnérabilité des régions fortement atteintes. Néanmoins, cet enjeu n'est pas majeur dans le cas de la région à l'étude, puisque différentes communes de la région sont accessibles par un réseau routier, même si celui-ci n'est pas idéal. (CREAM, 2013) Ce phénomène d'enclavement, lorsqu'il est présent, a tout de même une influence sur le prix des marchandises. Effectivement, les produits agricoles s'écoulent plus difficilement par le manque d'accessibilité et de circulation et, à l'inverse, le prix des produits de première nécessité augmente. (Pound et al., 2018)

De plus, le mauvais état des routes ou leur absence représente une difficulté à franchir pour les collecteurs de riz. Ceux-ci vivent également dans un climat d'insécurité, car les camions qu'ils conduisent sont des cibles de choix pour les malfaiteurs, en raison des fonds qui y sont stockés dans le but de payer les producteurs. Ces derniers sont d'ailleurs à la merci des collecteurs, car, dépendamment des régions, les collecteurs peuvent être nombreux ou très peu ce qui réduit la possibilité des producteurs à négocier le prix de leur récolte. Rappelons que la production est en grande majorité pour nourrir directement le ménage, ce qui est vendu est soit dû à l'incapacité du producteur à stocker le riz (ou autres produits) ou à des besoins rapides en liquidité. Ainsi, comme les producteurs n'ont pas les installations et/ou les moyens de stocker leur production sur une certaine période de temps, ceux-ci vont vendre leur récolte à un prix plutôt bas. (Banque mondiale [BM], 2011) Enfin, l'insécurité rurale, l'accès difficile aux crédits, la faible capacité de stockage des producteurs et l'enclavement de ces

---

<sup>4</sup> Le *Dina* est un type de convention collective malgache conçue par le peuple qui comprend des règles concernant l'organisation de la société. (PNUD, 2020)

derniers sont toutes des composantes qui font que le riz s'achète à un faible prix et que sa commercialisation est limitée (Dabat et al., 2008a).

#### **4.1.4 Faible niveau de scolarisation**

Dans un autre temps, le faible taux de scolarisation est un élément supplémentaire à prendre en compte. Celui-ci diminue progressivement en fonction qu'on s'éloigne des zones urbaines. Cela est entre autres dû à l'enclavement de certaines communes, à l'indisponibilité de services scolaires et à la décision des parents de ne pas envoyer leurs enfants à l'école pour des raisons d'ordre culturelles, économiques et de sécurité. (MAEP, 2016) Étant donné que le taux d'urbanisation de la région à l'étude est de 13,11 % selon un rapport de 2016 fait par le MAEP, une forte concentration de la population rencontre des problèmes de ce type (MAEP, 2016). En effet, le taux d'alphabétisation pour les individus de 15 ans et plus est de 61,7 % (estimation de 2006). (CAPFIDA, 2016; PNUE, 2019) Ce chiffre représente un frein considérable au développement. À titre indicatif, le taux de passage du primaire au secondaire pour la population de la région à l'étude est de 48 %. (Institut national de la statistique Madagascar [INSTAT], 2013b) Sachant que plus de la moitié des jeunes gens de cette région n'ont pas d'enseignement secondaire, il est fort probable que ce manque de scolarisation impacte directement sur le degré de pauvreté de la population et la confine dans un cercle vicieux empêchant celle-ci d'étendre ses possibilités.

Dans un autre temps, par le manque d'accès à des formations agricoles, des spécialistes agricoles et des conseils techniques, les familles les plus pauvres comme les moins pauvres ne connaissent pas toujours les pratiques agricoles étant les plus adaptées afin de répondre aux problèmes environnementaux actuels. (CAPFIDA, 2006)

#### **4.1.5 Accès limité aux services de santé et malnutrition intergénérationnelle**

Au niveau de la santé, les principales causes de maladies sont les infections respiratoires aiguës, le paludisme, la malnutrition et les maladies diarrhéiques. Il est noté que le recours à la médecine traditionnelle est régulièrement utilisé par les plus démunis et, souvent, ne rend pas les résultats escomptés. (MAEP, 2016) Aussi, l'accessibilité à un centre de santé est variable d'une commune à l'autre. Pour Fenoarivobe, la distance moyenne pour se rendre à un centre de santé est de 11 km et plus pour 85 % de la population. Dans le cas de Tsiroanomandidy, c'est 80 % des citoyens qui doivent faire 11 km et plus pour se rendre à un centre de santé. Considérant que le principal moyen de déplacement est la marche, cela peut correspondre à un grand nombre d'heures de marche afin d'avoir accès à un service essentiel.

Aussi, il est recensé un nombre insuffisant de spécialistes de la santé. Plus précisément, un recensement de 2009 montre qu'il y a 5 à 6 paramédicaux ainsi que 7 à 8 médecins pour 100 000 habitants à Fenoarivobe. Pour Tsiroanomandidy, il y a 3 paramédicaux et 6 à 7 médecins pour 100 000 habitants. (CREAM, 2013) À titre indicatif, l'Organisation mondiale de la santé a établi pour les pays un seuil minimal de 23 travailleurs de la santé (médecins, infirmières, sages-femmes) pour 10 000 habitants. Ce seuil correspond au minimum nécessaire afin d'assurer les soins de santé de base (Organisation mondiale de la santé [OMS], 2021). Cela dit, même si la région à l'étude n'est pas un pays, il est plus qu'évident qu'il y a manque flagrant de personnel, ce qui nuit au bien-être de la population.

De plus, la malnutrition est l'une des principales causes de morbidité dans la région. (MAEP, 2016) En 2012, 28,1 % des ménages étant en insécurité alimentaire (Programme alimentaire mondial [PAM], 2014). Il faut aussi noter que 51,4 % des enfants de cette région ont un retard de croissance (estimation de 2013) (CDFA, 2016). Cette proportion est alarmante, puisqu'il s'agit d'un problème qui se transpose aux générations futures. Encore, une évaluation de 2013 montre que le pourcentage des ménages ayant un niveau de consommation pauvre ou limité se situe entre 50 et 60 %. Dans la consommation totale des familles dans la région à l'étude, l'alimentation correspond à 76 % des dépenses, cela démontre le poids financier de celle-ci dans la vie des Malgaches. (PAM, 2014) Ainsi, bien que la région soit reconnue pour son fort potentiel agricole, la malnutrition demeure un enjeu de taille. Afin d'enrayer ce phénomène, la population malgache doit atteindre une autonomie alimentaire satisfaisant leurs besoins nutritionnels.

#### **4.1.6 Accès restreint aux crédits et aux intrants agricoles**

L'accès difficile aux crédits peut être un frein pour les agriculteurs. Les réseaux d'institutions de microfinance sont insuffisants et même inexistantes dans certaines régions. De plus, les connaissances des agriculteurs concernant les avantages offerts par un système de crédit sont relativement faibles et, dans l'autre sens, le surendettement et les problèmes de paiement que peuvent rencontrer les agriculteurs sont encore des facteurs qui freinent l'expansion de ce secteur. (Azang Arielle Raïssa, 2014) Également, l'accès aux intrants agricoles comme l'engrais, les produits phytosanitaires ou les semences est restreint. En fait, il n'y a pas une grande offre, l'accès à des conseils est difficile et ceux-ci ne sont pas nécessairement à jour. De plus, la grande majorité des intrants ne sont pas adaptés aux différents types de sols, ceux-ci ne peuvent donc pas être efficaces. (BM, 2016)

## **4.2 Portrait des enjeux environnementaux**

Cette section fera état du contexte environnemental dans lequel évolue cette région. Les enjeux environnementaux seront détaillés. Il sera abordé succinctement le sol et ses caractéristiques agricoles, le faible niveau de couverture végétale, la répartition pluviométrique annuelle, l'accès à l'eau potable, l'utilisation durable de la ressource en eau, les événements météorologiques extrêmes et enfin, les enjeux liés à la biodiversité végétale locale.

### **4.2.1 État du sol et caractéristiques agricoles**

La région à l'étude se trouve dans le Moyen Ouest de Madagascar. Comme il a été mentionné dans la section 4.1., cette région comprend deux districts. Le district de Tsiroanomandidy pour sa part s'étend sur 10 199 km<sup>2</sup> et celui de Fenoarivobe s'étend sur 7 784 km<sup>2</sup>. La superficie totale de la région à l'étude est alors de 17 983 km<sup>2</sup>. (CREAM, 2013) Le district de Tsiroanomandidy est rural et a un relief considérablement moins accidenté que le centre du pays. Cet état physique de la région permet la pratique de l'agriculture, cependant le sol se dégrade d'année en année. Plusieurs phénomènes expliquent cette dégradation, notamment un travail intensif de la terre qui ne laisse pas suffisamment de minéraux et de nutriments dans le sol. (Andriamahazo et Lahimasy, 2019) Ce travail est qualifié d'intensif en raison de la faible diversité des cultures effectuées et du peu de rotation dans celles-ci. Également, les parcelles de terre sont continuellement cultivées et aucune activité de régénération n'est effectuée (exception faite dans certaines zones où les techniques améliorées ont été adoptées). Après plusieurs années de travail, le sol est donc très faible en minéraux et en nutriments, ce qui impacte sur la productivité des cultures. L'ajout d'éléments chimiques et organiques devient alors nécessaire. (MAEP, 2016)

De façon plus technique, le relief du sol est généralement plat avec des vallons et est composé de glakis, des pentes longitudinales faibles. En terme géologique, le sous-sol de la région du Moyen Ouest de la province d'Antananarivo est constitué d'infra-graphite du groupe Ambodiriana. (Andriamasy Henintsoa, 2015) Le sol repose sur une couche de gravats de quartz et, sous celle-ci, se trouve une zone d'altération. (Raunet, 1980) On trouve dans cette région plusieurs types de sols, le tableau 4.1 montre la superficie de chacun.

**Tableau 4.1 Superficie des sols** (tiré de : Office national pour l'environnement [ONE], 2008)

NATURE	Superficie (Ha)
Sols faiblement ferrallitiques et ferrisols	126 480
Sols ferrallitiques jaune/rouge - Roches volcaniques	147 657
Sols ferrallitiques rouges	1 167 025
Sols peu évolués et rankers	279 786

De manière générale, le sol de type ferrallitique prédomine. Bien que cela peut varier, le sol est habituellement faible en matière organique et l'activité microbienne l'est tout autant en raison du pH élevé de celui-ci qui se trouve généralement entre 4,5 et 6. (Andriamasy Henintsoa, 2015; Raunet, 1980). Ce genre de sol est souvent compact et sa fertilité varie. Celui-ci peut être relativement fertile à un endroit et, sur un autre terrain, il peut être imperméable ou encore creusé par des *lavakas* (ONE, s. d.). Habituellement, celui-ci est ardu à travailler et plutôt fragile, mais avec les bonnes techniques, de bons résultats sont possibles, notamment avec les cultures de maïs et de manioc. Le type de sol ferrallitique brun jaune s'est développé sur les surfaces d'aplanissement et celui de type ferrallitique brun rouge s'est formé grâce aux glacis. (CREAM, 2013) On y trouve également des bas-fonds caractérisés par des surfaces plates gorgées d'eau. (MAEP, 2016)

Également, un type de sol présent en plus faible quantité dans cette région est le sol alluvial. Ce sol est réservé exclusivement à la riziculture, en raison de son caractère hydromorphe. Il borde habituellement les cours d'eau. (CAPFIDA, 2006; Rajaonarimalala, 2018)

#### **4.2.2 Faible niveau de couverture végétale**

Concernant le degré de couverture végétal de ce territoire, celui-ci est effectivement très faible. En fait, le territoire est davantage caractérisé par des savanes ayant comme couvert des formations herbacées et graminées. Ces types de végétaux couvrent 94,95 % des terres de la région à l'étude. Celles-ci sont d'ailleurs utilisées pour l'élevage qui, en raison de la divagation des bêtes sur les terres et des brûlis faits par les éleveurs, aggrave la dégradation du sol. À titre indicatif, en 2005 les formations d'ordre forestières n'occupaient que 2,76 % du territoire. (CAPFIDA, 2006)

La déforestation à Madagascar est un fléau qui perdure depuis de nombreuses décennies et est la raison de plusieurs problématiques environnementales actuelles. La région à l'étude, ayant d'emblée une faible couverture forestière, souffre de la diminution continuelle de sa végétation. Les pertes forestières sont de l'ordre de quelques hectares par années. Par exemple, pour les années 2017, 2018 et 2019, il y eut

respectivement 141 ha, 191 ha et 112 ha de pertes de couvert forestier. À titre de comparaison, de 2001 à 2012, la région a connu un gain de 39 ha de couvert forestier. Dû au manque de données à jour, il n'est pas possible de connaître le gain végétal pour les années de 2017 à 2019. Néanmoins, ces données suggèrent qu'en plus de la faible couverture végétale sur le territoire, celle-ci continue à diminuer et le reboisement n'est pas effectué conséquemment aux pertes. (Global Forest Watch, s. d.) Le taux de déforestation présenté ci-dessus est le résultat de toutes les activités de déforestation et non seulement de celles en lien avec l'agriculture. La figure 4.1 donne un exemple de couverture végétale.



**Figure 4.1 Exemple de couverture végétale dans la région à l'étude** (tiré de : ONE, 2008)

La déforestation agricole prend diverses formes et varie en fonction des différentes localités. Dans les Hautes Terres centrales de Madagascar, l'utilisation du feu a vu le jour vers 1600. Il était utilisé dans le but de préparer des pâturages pour les animaux ou encore pour la technique par brûlis. (Boulogne, 2016) Aujourd'hui, le feu fait encore partie intégrante de la vie des Malgaches. Ils l'utilisent pour la technique par brûlis, pour l'élevage extensif<sup>5</sup>, la recherche constante de nouveaux pâturages, pour

---

<sup>5</sup> L'élevage dans cette partie du pays est très important, entre autres l'élevage de zébus. Les zébus se nourrissent d'herbes dans les savanes et les éleveurs, pour stimuler la croissance de nouvelles pousses, font des feux de brousse. Ce cercle vicieux entraîne une dégradation toujours plus grande du sol. (CREAM, 2013)

nettoyer les parcelles de culture ou pour les étendre. (Boulogne, 2016 ; Raharimalala Nomenjanahary, 2016) La culture sur brûlis nommée localement *tavy* consiste à brûler des parcelles de terre afin d'enrichir le sol et de pouvoir le cultiver. En 2010, 58 218 acres de terrain ont été brûlées, ce nombre est le plus élevé dans l'ensemble du pays (Raharimalala Nomenjanahary, 2016). Toutefois, cette technique n'est efficace qu'à court terme, n'est souvent pas contrôlée adéquatement, ce qui peut mener à des feux beaucoup plus grands, et le rendement des terres n'est pas optimal. Plus précisément, les parcelles brûlées ne procurent que des rendements limités sur une période de deux à trois ans. Après cette période, le sol n'a plus une grande valeur agricole. De nouvelles parcelles de terre seront exploitées sans que les précédentes aient étéensemencées ou que toutes autres techniques aient été utilisées pour assurer leur régénération. Cela a pour conséquence de laisser des parcelles vierges de végétaux et vulnérables aux aléas climatiques. (Andriamahazo et Lahimasy, 2019)

De plus, le bois de chauffage est également une cause des coupes forestières dans la région. En effet, le bois est le type de combustible le plus utilisé par la population à l'ordre de 91,8 %. Cette utilisation engendre une forte pression sur les ressources ligneuses de la région. (INSTAT, 2013a) Également, en plus des besoins de la population locale, la région contribue à l'alimentation de l'agglomération d'Antananarivo à titre de 25 tonnes par an, ce qui est relativement peu comparé à d'autres régions telles que la Vakinankatra qui alimente Antananarivo à titre de 10 288 tonnes par an. (Charpin et al., 2018) Ainsi, bien que la quantité de bois prélevée ne soit pas aussi importante que dans d'autres régions, il faut comprendre que cette région a une très faible quantité d'arbres et que très peu d'activités de reboisement sont faites afin d'assurer la régénération des arbres coupés, ce qui met en péril le peu de végétation restante (Global Forest Watch, s. d.).

À ces problématiques viennent s'ajouter des enjeux en lien avec l'érosion et l'envasement. Plus précisément, en raison de l'érosion des sols en amont, 80 % des rizières sont affectées par des problèmes de sédimentation et d'envasement. Effectivement, puisque le couvert forestier a été grandement réduit, le sol dénudé de végétation est extrêmement vulnérable à l'érosion. (PNUE, 2019) Celle-ci peut donner lieu à la formation de *lavakas*. Ces ravines causées par l'effondrement du sol peuvent atteindre une grande dimension. En fait, leur taille moyenne est de 80 mètres de longueur par 40 mètres de largeur. La profondeur d'une de ces ravines peut être de 15 mètres et plus. En plus des conditions géologiques et météorologiques, l'action humaine peut également amplifier ce phénomène, notamment par la déforestation, les constructions routières ainsi que le surpâturage. Il est important de noter que ces ravines ne peuvent pas être utilisées pour l'agriculture et que le sol de celles-ci est nu de végétation.



(Wendenbaum, 2010a) De plus, elles peuvent représenter une source de désarroi pour les agriculteurs à proximité, car, lors de pluies, le sable rouge de celles-ci peut se déverser dans les champs des paysans et ensabler ces derniers (PNUE, 2019). La figure 4.2 ci-dessous montre un exemple de *lavakas*.



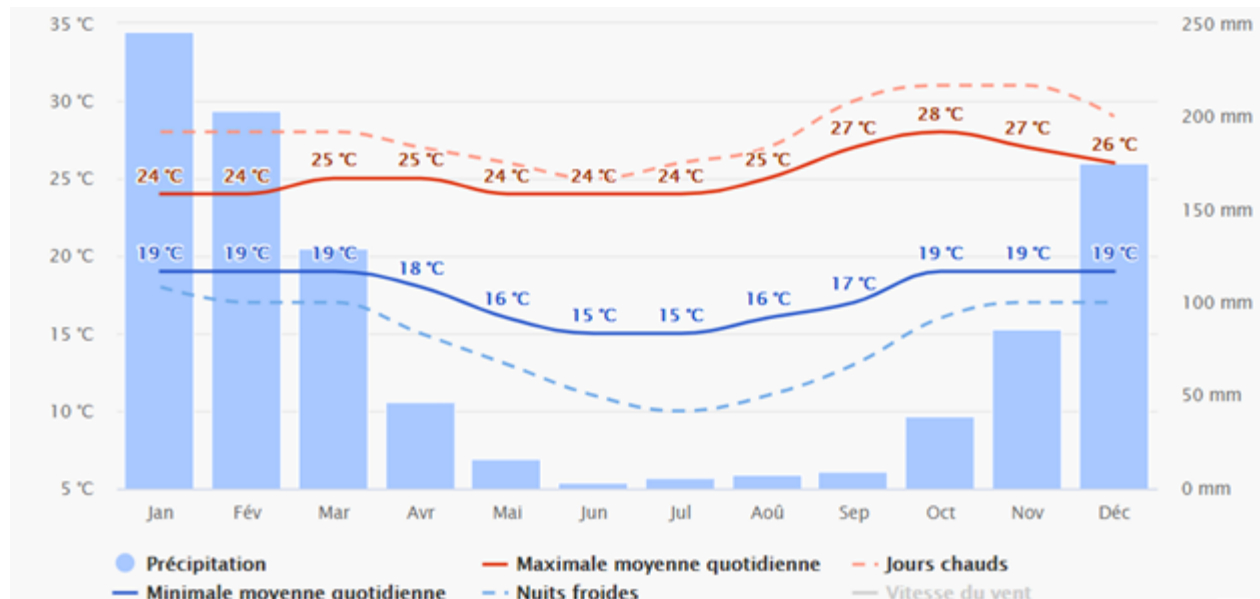
**Figure 4.2** *Lavakas* dans la vallée de Bemolanga, dans la région à l'étude (tiré de : PNUE, 2019)

#### **4.2.3 Répartition pluviométrique annuelle**

Le climat de la région à l'étude est de type subhumide avec une température moyenne de 20 °C (Ministère de l'environnement, des forêts et du tourisme [MEFT], 2009). La saison des pluies (novembre à mars) est caractérisée par une chaleur et une humidité importante alors que la saison de mi-avril à mi-octobre est plutôt sèche et fraîche. Plusieurs microclimats sont également présents sur le territoire. La pluie qui est un élément décisif pour les cultures tombe relativement en même quantité d'année en année à l'ordre de 1496 mm. Toutefois, la répartition de celle-ci sur le territoire se modifie. Effectivement, en début de saison, les agriculteurs peuvent souffrir de mois secs trop longs qui vont affecter le début des cultures, entre autres la riziculture effectuée dans les bas-fonds. (CAPFIDA, 2006) Le faible couvert végétal rend le sol moins apte à retenir l'eau lorsqu'il pleut et celle-ci va davantage causer du ruissellement et conséquemment de l'érosion qui va contribuer à la création de ravines (Rajaonarimalala, 2018). Ceci est



une nuisance importante pour les agriculteurs, car l'eau de pluie, au lieu d'être absorbée par le sol, va ruisseler et peut causer l'inondation de certaines terres. (CAPFIDA, 2006) La figure 4.3 montre l'évolution des températures maximales et minimales ainsi que les précipitations dans la région à l'étude.



**Figure 4.3 Températures et précipitations moyennes** (tiré de : Meteoblue, 2021)

#### 4.2.4 Accès à l'eau potable

La distribution de l'eau potable dans la région se fait en grande partie par JIRAMA, mais d'autres fournisseurs peuvent aussi en assurer la distribution. Cependant, le service de distribution d'eau local ne couvre pas l'entièreté de la région. En fait, seulement 3,8 % des communes sont entièrement couvertes et 19,2 % le sont en partie, les autres ne sont pas couvertes. Aussi, cette couverture n'est offerte qu'une partie de la journée et non sur sa totalité. Les modes d'approvisionnement sont les puits pour 53,9 % des communes et les bornes-fontaines pour 23,1 % de celles-ci, mais seules les villes en possèdent. Il y a aussi un approvisionnement dans les fleuves et rivières qui équivaut à 15,4 % et, finalement, 7,7 % des communes s'approvisionnent à même l'eau courante. (CREAM, 2013a; ONE, 2008)

Dans un même ordre d'idées, la région est traversée par une grande quantité des principaux fleuves du pays. Ainsi, la Mahajilo et ses affluents traversent la commune d'Ankadinondry Sakay à Tsiroanomandidy. Ce district est aussi traversé par le fleuve Manambolo. Pour ce qui est de Fenoarivobe, le Kiranomena le traverse. Plusieurs affluents traversent également la région et quelques étangs sont aussi présents. (ONE, 2008) Notamment, le Amparihilava (20 ha), le Analandrandirana (37 ha), le Loko (28ha) et le Mandrosoa

(22 ha). D'autres étangs sont présents, mais leur superficie est moins de 20 ha. (ONE, 2008) La figure 4.4 montre le réseau hydrographique de la région.

Il est d'ailleurs souligné que dans la partie nord des Hautes-Terres, dont fait partie la région à l'étude, l'eau et l'assainissement sont le secteur le plus touché par les changements climatiques, suivi par l'agriculture qui est le second secteur le plus affecté (Ratovoson et al., 2018). Étant donné l'importance capitale de la ressource en eau et l'arrivée accélérée des changements climatiques, de nouvelles problématiques qui se solderont par l'exacerbation des enjeux sociaux déjà bien présents sur ce territoire sont à prévoir.



**Figure 4.4 Réseau hydrographique de la région à l'étude** (tiré de : ONE, 2008)

#### 4.2.5 Utilisation non durable de la ressource en eau

L'eau est un élément central dans l'agriculture et, dans une région où l'approvisionnement en eau n'est pas régulier, cela peut causer de multiples problèmes. Dans le cas de la région à l'étude, il est relevé que l'agriculture en bordure des lacs est fréquente, notamment la riziculture. Cependant, aucun entretien des lacs n'est effectué. Cela a pour conséquence de mener à l'ensablement de ceux-ci, particulièrement en raison des *tanety* qui sont cultivés directement en bordure de ceux-ci sans mécanisme empêchant le ruissellement et la perte de terre. L'augmentation continuelle des surfaces agricoles diminue la superficie des points d'eau, en plus de dégrader la qualité de ceux-ci. La figure 4.5 expose ce phénomène.



**Figure 4.5 À gauche, un exemple de culture en bordure d'un lac et, à droite, un *tanety* surplombant un point d'eau** (tiré de : Commission Justice et Paix et Diocèses Tsiroanomandidy et Melaky, 2019)

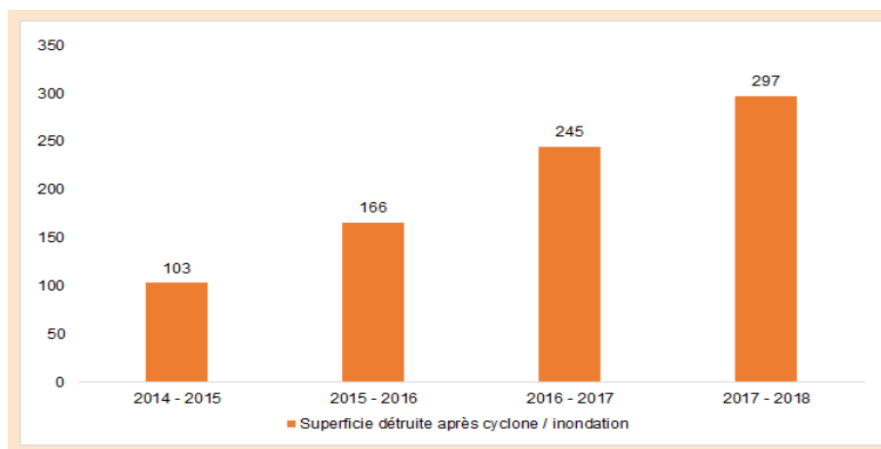
Dans un autre temps, le mont Bevato ainsi que le mont Ambohiby dans la région à l'étude sont d'importantes ressources en eau, toutefois ils sont affligés par de nombreuses pressions. Plus précisément, dans le cas du mont Bevato, des ménages pratiquent l'agriculture autour de la source ce qui, en saison des pluies, amène à l'ensablement de celle-ci. Les feux de brousse annuels sont également responsables de son ensablement. Des pâturages sont d'autant plus présents autour de la source ce qui contribue à la diminution de la qualité de l'eau en raison des excréments des bœufs qui salissent la source d'eau. Dans le cas du mont Ambohiby, il a été remarqué que certains ménages agricoles coupaient les tuyaux d'alimentation d'eau afin d'alimenter leur propre champ au détriment du reste de la population. Les feux de brousse sont également fort présents et, combinés au déboisement, ceux-ci sont très dommageables pour le mont. Enfin, l'alimentation en eau est également une source de conflits entre les paysans. En somme, des solutions sont néanmoins mises de l'avant, telles que la création de *Dina* (convention collective locale), la création d'un plan d'aménagement et de gestion ainsi que des actions

telles que le reboisement et des interdictions de passage près des infrastructures de gestion de l'eau. Ces solutions rencontrent plusieurs difficultés au niveau de leur respect, mais elles démontrent tout de même une prise de conscience et l'envie de résoudre le problème. (Commission Justice et Paix et Diocèses Tsiroanomandidy et Melaky, 2019)

Concernant les infrastructures hydroagricoles, les systèmes d'irrigation sont précaires, puisqu'une grande partie de ceux-ci sont vétuste et/ou manque d'entretien. Cela fait en sorte que les bas-fonds sont souvent sujets à l'ensablement et aux crues soudaines (Organisation des Nations Unies pour le développement et l'agriculture [FAO] et Programme alimentaire mondial [PAM], 2013). La qualité plutôt médiocre des installations hydroagricoles diminue notamment les rendements de la riziculture. (Commission Justice et Paix et Diocèses Tsiroanomandidy et Melaky, 2019) Ainsi, une maîtrise de l'eau et une répartition équilibrée de celle-ci lors des deux saisons permettraient à la région à l'étude d'étendre ses possibilités de culture. De ce fait, la population pourrait produire une plus grande variété de produits ce qui constituerait une des clefs dans la lutte contre la malnutrition. (CREAM, 2013a)

#### 4.2.6 Événements météorologiques extrêmes

Dans un autre temps, cette région du Moyen Ouest, grâce à son relief, ne subit pas directement des événements météorologiques extrêmes tels que les cyclones qui frappent davantage certaines autres régions du pays. Néanmoins, si un cyclone passe à proximité de la région à l'étude, celle-ci va généralement subir quelques dégâts en raison de fortes pluies et de vents violents (CREAM, 2013a). Effectivement, de 2014 à 2018, il est possible de constater une augmentation de la superficie des cultures perdues après un cyclone ou une inondation (ONE, s. d.). La figure 4.6 montre d'ailleurs l'évolution des superficies de cultures perdues.



**Figure 4.6 Évolution des superficies de cultures détruites après des cyclones ou des inondations** (tiré de : ONE, s. d.)

En ce sens, même si la région n'est pas directement touchée par un événement météorologique extrême, celle-ci en ressent tout de même les effets. Effets qui devraient d'ailleurs s'amplifier avec l'avènement toujours plus rapide des changements climatiques.

#### **4.2.7 Enjeux liés à la biodiversité végétale locale**

Au niveau de la biodiversité, il a déjà été mentionné que celle présente sur l'île est unique au monde et gravement atteinte par les activités anthropiques. Concernant la région à l'étude, il est difficile d'avoir accès à des informations valides et récentes sur la flore. Néanmoins, il est répertorié 125 espèces végétales et, sur cet ensemble, 84 seraient endémiques. Au niveau des espèces en danger, il est noté, en 2015, que deux espèces végétales sont menacées et l'une serait en danger critique d'extinction. Ces dernières sont la *Dypsis oropedionis* et la *Dalbergia hirticalyx*. De plus, aucune aire protégée n'est présente dans la région. (ONE, s. d.)

Les invasions d'insectes ou d'animaux peuvent aussi être problématiques. En 2019, une invasion des chenilles légionnaires sur les cultures de maïs a rudement touché la région (Food security cluster [FSC], 2019). Des attaques de rats et l'invasion de mauvaises herbes ont aussi été soulignées comme des obstacles à l'agriculture (Pound et al., 2017). En 2012, des invasions acridiennes ont aussi été nommées comme étant un ennemi de la culture, celles-ci auraient touché 10,6 % des ménages cette année-là (PAM, 2014).

### **4.3 Portrait des enjeux économiques**

Cette sous-section traitera du climat d'insécurité et de pauvreté qui règne dans cette région du Moyen Ouest ainsi que de la prépondérance du secteur agricole dans son économie.

#### **4.3.1 Climat de pauvreté généralisée**

Bien que Madagascar n'ait jamais eu une économie très florissante, celle-ci se portait mieux avant la crise politique de 2009. La crise qui a commencé en 2009 a fortement impacté le caractère économique du pays pour les années qui ont suivi. De 2009 à 2013, la croissance économique fut de 0,9 % ce qui est relativement proche d'un état de stagnation. Suite à cela, l'insécurité sociale croissante, l'arrêt des aides budgétaires et les mauvaises décisions politiques ont mené à la perte de marchés préférentiels. La faiblesse des investissements privés est également en cause. De plus, le grand nombre de petites entreprises informelles créées par ceux n'ayant pas d'emploi ou l'ayant perdu empêche les grandes avancées en matière d'investissement. (Fanampinirina Tsilaviniana, 2016)

De manière plus spécifique, la région à l'étude souffre également d'un taux de pauvreté élevé. Il a été calculé que 65 à 78 % des individus de cette région vivent avec l'équivalent de moins de 1,25 dollar américain par jour (Fanampinirina Tsilaviniaina, 2016). Également, le salaire annuel moyen est estimé à 1 012 000 Ariary (cela équivaut à 340 \$ canadiens) pour la région alors que le salaire annuel moyen pour l'ensemble du pays est de 1 813 000 Ariary (estimation de 2012) (ONE, s. d.). Le taux de pauvreté est évalué à 76,8 % en milieu urbain et, en milieu rural, il peut atteindre 80 % (estimation de 2011) (Rajaonarimalala, 2018).

Dans un autre temps, il est pertinent d'étudier le degré d'inégalité au sein de cette société afin de mieux comprendre certaines bases des problématiques sociales et économiques actuelles. En ce qui concerne le degré d'inégalité de la région, l'indice de Gini est de 0,320 (PAM, 2014). Cet indice permet de mesurer les inégalités dans une population donnée. En ce sens, 0,320 étant davantage près du 0 que du 1 signifie que le degré d'inégalité n'est pas très élevé. Cette donnée mise en relation avec le taux de pauvreté montre que la grande majorité de la population vit dans un état de pauvreté relativement semblable.

En somme, les problématiques sociales et économiques viennent ralentir le développement du pays. Le fort taux d'analphabétisation et de pauvreté combiné au faible taux de scolarisation maintiennent la population dans un état d'insécurité économique et, par le fait même, dans la recherche constante de moyens de subsistance ce qui l'empêche de se développer complètement. (Azang Arielle Raïssa, 2014)

#### **4.3.2 Prépondérance du secteur agricole**

Dans un autre ordre d'idées, les principales activités économiques de cette région sont l'agriculture, les ventes et services ainsi que le travail manuel (CREAM, 2013a). Toutefois, le secteur agricole est prédominant dans l'économie de cette région du Moyen Ouest. La proportion des familles pratiquant cette activité est de 92,3 % (PAM, 2014). Celle-ci se définit comme étant une agriculture de subsistance, mais un volet commercial est également présent (Rajaonarimalala, 2018). Les principaux aliments produits à des fins commerciales sont les céréales, les racines et tubercules, les légumineuses ainsi que les légumes et les épices. Cependant, ces deux derniers produits sont cultivés en plus faible quantité. Les marchés locaux sont très prisés et environ 92 % des communes de la région ont une place de marché. (CREAM, 2013a)

Les produits à vocation commerciale sont vendus dans le district Tsiroanomandidy et à Antananarivo, la capitale. Certaines communes ont leurs particularités, par exemple à Ankadinondry Sakay on cultive la

baie rose et le poivre rouge qui seront ensuite exportés. Dans la commune de Beambiaty, ce sont les orangers qui sont caractéristiques de l'endroit. (Rajaonarimalala, 2018) L'élevage est aussi très répandu, notamment l'élevage de volailles, de zébus, de porcs, d'ovides et de caprins (CREAM, 2013a). L'élevage de zébus est fait sans réelle protection de l'environnement et une dégradation généralisée du sol en résulte (Rajaonarimalala, 2018). Également, certains secteurs sont en expansion, notamment l'élevage laitier, l'aviculture urbaine, l'apiculture et la sériciculture (MAEP, s. d.). En guise de secteur secondaire, les principales activités de transformation touchent les produits de culture, le bois, les produits miniers et des travaux métalliques. Enfin, il y a deux rizeries à Tsiroanomandidy. (CREAM, 2013a)

Concernant le travail aux champs, la superficie moyenne exploitée par une famille typique est d'environ 1,7 ha. Une pluralité, c'est-à-dire 63 %, sont de petits agriculteurs et exploitent moins de 1,5 ha. Bien que la très forte majorité des familles malgaches cultivent la terre, celles-ci doivent acheter des produits afin d'avoir une alimentation quelque peu satisfaisante. Dans la consommation totale des familles de la région à l'étude, l'alimentation correspond à 76 % des dépenses. La population est alors dépendante du prix des aliments et donc très vulnérable à l'inflation de celui-ci (PAM, 2014). À titre indicatif, le revenu agricole moyen d'une famille qui pratique l'agriculture en milieu rural est de 1 232 000 Ariary (415 \$ canadiens) pour un an et de 1 026 000 Ariary (345 \$ canadiens) en milieu urbain (estimation de 2010). Toutefois, pour les petits exploitants qui composent la majorité des ménages agricoles, leur revenu annuel moyen est estimé à 601 000 Ariary (202 \$ canadiens) en milieu urbain et 661 000 Ariary (222 \$ canadiens) en milieu rural, toujours selon un rapport de 2010. (Institut national de la statistique [INSTAT], 2011) Les très petites surfaces et le faible revenu tiré de celles-ci sont des facteurs responsables du haut taux de pauvreté dans la région.

#### **4.4 Portrait des enjeux de gouvernance**

Dans cette sous-section, il sera exploré le passé politique précaire dans lequel a longtemps baigné le pays, ensuite il sera question de la décentralisation des pouvoirs et, enfin, il sera vu le degré de satisfaction populaire et l'implication environnementale du gouvernement malgache.

##### **4.4.1 Passé politique précaire**

Dans le but de bien saisir les enjeux actuels, il semble nécessaire d'analyser l'un des piliers les plus importants d'une société, l'État. Celui-ci peut apparaître sous une multitude de formes et est nécessaire à la bonne coordination des activités de la société. Néanmoins, le pouvoir en place n'est pas toujours favorable au bon développement de la population et/ou n'a pas les outils nécessaires pour l'encourager.

Madagascar, depuis longtemps, souffre d'instabilités politiques et celles-ci ont nui au développement économique et social du pays.

Effectivement, la grande île a été tiraillée par une occupation française qui cessa en 1970. Une courte période de sécurité suivit, mais ne dura que deux ans, car en 1972, un corps militaire prit le pouvoir. Les années suivant 1972, le pouvoir politique vacilla entre diverses mains et la population en subit les contrecoups. Dans tous les cas, celle-ci vivait dans un niveau de pauvreté toujours élevé. (Azang Arielle Raïssa, 2014) En 2009, Andry Rajoelina, avec le soutien de l'armée, s'autoproclame président de transition et promet une élection démocratique dans un délai de 2 ans. La crise économique qui sévissait déjà ne s'aggrava que davantage. Pour la seule année de 2009, le PIB s'est révélé être décroissant à -3,7 % et celui-ci a diminué avec les années jusqu'à atteindre le niveau qu'il était en 2001. (Banque Mondiale [BM], 2013; Verret, 2009) Cette crise est une véritable fracture dans le développement économique et social de ce peuple. Bien des discussions et des arrangements politiques ont eu lieu dans les années suivant 2009. Celles-ci ont mené Andry Rajoelina à quitter volontairement le pouvoir, et ce, en ne se représentant pas pour les élections de 2013. Il fut néanmoins réélu en 2019 et demeure à ce jour président de Madagascar. (Présidence de la République de Madagascar, 2019; Verret, 2009) Madagascar est un État unitaire, ce qui signifie que le pouvoir est concentré à un seul niveau politique. Le pouvoir n'est alors pas divisé entre différents paliers de gouvernance, par exemple à l'échelle provinciale ou municipale. Cependant, des organisations politiques sont présentes dans les régions et représentent le gouvernement. (Azang Arielle Raïssa, 2014; Guay, s. d.)

Ce type de gestion a ses avantages et ses inconvénients comme tout autres, néanmoins il y a place à réflexion en ce qui a trait à la réussite de ce modèle pour Madagascar. En effet, cette centralisation du pouvoir peut avoir comme effet pervers de ne pas entendre suffisamment les voix des régions éloignées et il peut en résulter une mauvaise répartition des richesses. (Anaclet, 2015, 30 juin) De ce constat, l'État a adopté des politiques de décentralisation.

#### **4.4.2 Décentralisation des pouvoirs**

La planification centralisée de l'État malgache qui a connu son apogée à la fin des années 1970 fut un échec, notamment en raison de la diminution marquée de la capacité administrative de l'État central (Bidou et al., 2008). De cet échec s'amorça, en 1994, un processus de décentralisation administratif et politique avec la *Loi n° 93-005 du 26 janvier 1994*. Celle-ci vise de nombreux objectifs dont le développement national, régional ainsi que local et l'intégration de la population dans la gestion des



affaires publiques tout en souhaitant un développement rationnel et harmonieux du territoire (*Loi n° 93-005 du 26 janvier 1994 portant orientation générale de la politique de décentralisation*). En fait, cette loi amorce un grand processus de décentralisation des pouvoirs. Grâce à ce processus, les communes ont eu des pouvoirs décisionnels plus larges et, en 2004, 22 régions dans le pays ont été créées. Cela a mené à une grande modification dans la gestion des pouvoirs. Les communes ont vu leur rôle décisionnel s'accroître, notamment au niveau de la gestion foncière. Ce transfert de responsabilités est basé sur l'idée qu'une gestion plus rapprochée des administrés est davantage en mesure de répondre à leurs besoins. (Bidou et al., 2008)

De cette logique, des enjeux tels que la dégradation de l'environnement et la pauvreté de la population sont traités selon une vision renouvelée. En effet, la décentralisation des pouvoirs ouvre les portes à des solutions pour contrer la dégradation des ressources, et ce, en conciliant les pouvoirs politiques formels et coutumiers, ce qui avait toujours été envisagé comme impossible. (Sarrasin, 2009) Confier un pouvoir de gestion aux régions permettrait une administration plus personnalisée et, de cette manière, le gouvernement espère répondre plus efficacement aux enjeux que la politique centralisée n'a pas su résoudre. Dans le cas de cet essai, l'accent est mis sur les ressources naturelles et les enjeux en lien avec l'agriculture et la déforestation tout particulièrement en milieu agricole. En ce sens, l'ensemble des politiques et programmes de décentralisation ne seront pas passés en revue. Cependant, il semble nécessaire de s'attarder à la gestion des ressources naturelles.

Plus précisément, il est essentiel d'examiner la GELOSE qui est l'acronyme pour la gestion locale sécurisée. Cette politique publique date du 10 septembre 1996. L'objectif de la loi GELOSE est de

« ré-organiser les rapports entre les individus, les communautés locales et l'État. Le transfert de gestion des ressources naturelles (TGRN) de l'État aux populations s'effectue suivant un contrat tripartite entre la communauté de base locale (Coba), la commune (collectivité territoriale) et le service des Eaux et Forêts (tutelle technique des ressources). (...) elle apporte aussi une sécurité foncière relative ». (Ramamonjisoa et al., 2012)

Grâce à cette politique, l'État cherche à enrayer l'écart qui a toujours existé entre les normes juridiques et les pratiques locales qui sont issues du droit coutumier (Sarrasin, 2009). Par exemple, GELOSE reconnaît de manière officielle les réglementations provenant des traditions locales, ici, il est plus particulièrement question des *Dina* (conventions collectives) (Banque mondiale [BM], s. d.).

Encore, GELOSE « confère un pouvoir décisionnel mis en œuvre lors de la négociation de contrats à une pluralité d'acteurs regroupant l'État, les communautés rurales et les ONG. » (BM, s. d.) Cependant, il est

constaté que peu de contrats ont été créés comparativement au nombre de communautés qui existent dans le pays. Dans un autre temps, l'élaboration de contrats peut aussi avoir son lot de problématiques. En fait, les différents acteurs ont des intérêts divergents dans la gestion des ressources naturelles et leurs moyens financiers le sont tout autant. Effectivement, les moyens financiers des associations communautaires, des administrations locales et des organisations non gouvernementales (ONG) sont largement variables. Ainsi, les communes sont forcées à adapter leur plan d'action en fonction des ressources dont elles disposent. Par conséquent, elles doivent bien souvent laisser une partie de leur pouvoir décisionnel à l'ONG, cette dernière disposant de plus grands moyens financiers. (BM, s. d.)

De plus, le manque de moyens financiers provoque une recherche constante de fonds par les services décentralisés. Cela concentre alors les efforts là où il y a des fonds disponibles ce qui ne correspond pas toujours aux besoins les plus pressants. Cela crée des conflits d'ordre institutionnels entre les services décentralisés, mais aussi entre ces derniers et les ONG. Ces conflits engendrent des conséquences sur le développement social et environnemental du territoire. (Sarrasin, 2009)

D'autres obstacles surviennent dans cette décentralisation des pouvoirs, notamment le manque de moyens techniques des régions et des communes, la faiblesse des institutions locales décentralisées et le manque de personnel formé. (Andrianasolo, 2015) Il y a également des enjeux de cohérence. Plus précisément, les locaux éprouvent de la difficulté à bien saisir les droits et devoirs qui leur sont conférés par GELOSE, cela en raison du manque d'éducation et par la complexité du langage technique utilisé (Sarrasin, 2009). Cela peut aussi avoir comme effet nuisible de permettre aux élites de faire passer leurs intérêts personnels et l'amélioration de leur condition de vie avant le bien-être des populations en s'appropriant les rentes découlant du développement.

Néanmoins, de cette décentralisation, s'est effectuée la mise en valeur intensive des *tanety*. Ceux-ci étant auparavant inexploités ou occupés par des cultures secondaires. Également, cette décentralisation favorise les évolutions agraires en raison de nouvelles politiques agricoles. (Dabat et al., 2008b) Bref, sans s'attarder outre mesure sur la politique communautaire et régionale, il est important de saisir que si la décentralisation de la gestion des ressources semble être plus cohérente que les politiques faites avant 1990, de nombreux enjeux demeurent. Donc, malgré les efforts faits, la déforestation persiste tout comme la dégradation des terres agricoles et la pauvreté du peuple malgache.

#### **4.4.3 Satisfaction populaire et implication environnementale du gouvernement**

Au niveau de la satisfaction de la population envers le fonctionnement de la démocratie dans le pays, une enquête de 2014 menée par Afrobaromètre, un réseau panafricain qui mène des enquêtes d'opinion publique, montre que 75 % de la population n'est pas satisfaite ou est très insatisfaite. De plus, ce pourcentage n'a cessé d'augmenter de 2005 à 2014. Ceci montre un problème important de satisfaction populaire, toutefois, de nouvelles enquêtes devraient être faites dans les prochaines années afin de voir si ce taux se maintient ou s'il s'améliore. En effet, le gouvernement actuel s'est doté de plusieurs outils afin de rehausser l'économie du pays ainsi que la qualité de vie des citoyens. De nombreux changements sont visés, entre autres, l'amélioration du budget afin d'appuyer une croissance inclusive et l'expansion des prestations des services publics dans le but de rejoindre les populations les plus démunies (Banque Mondiale [BM], 2014).

Dans l'objectif de répondre aux enjeux économiques, sociaux et environnementaux, le gouvernement malgache met en place, depuis plusieurs années différents programmes et réformes. À titre d'exemple, il y a la Politique Générale de l'État (PGE) 2019-2023. Cette dernière souligne les différentes problématiques du territoire, fixe les objectifs de développement et définit les principaux moyens pour y arriver. Sans analyser de manière critique cette politique, il est simplement possible de comprendre que le gouvernement est conscient des enjeux sociaux et économiques et souhaite y remédier, et ce, sur le court, moyen et long terme. (Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche [MAEP], s. d.) De celle-ci, va découler une multitude de documents additionnels qui représentent des politiques, réformes et programmes à mettre en place afin de résoudre la crise actuelle.

D'ailleurs, le secteur de l'agriculture est largement visé par de telles politiques, la Stratégie Nationale de Développement rizicole (2016-2020) en est un exemple. À travers cette stratégie, l'État souhaite s'engager dans le secteur rizicole afin de répondre à des problématiques d'approvisionnement en engrais et en semences, à des enjeux d'irrigation ainsi que dans la commercialisation du produit et dans une multitude d'autres facettes. (Bureau pays du Programme Alimentaire Mondial à Madagascar, 2019) Dans un autre temps, la Lettre de Politique Foncière 2015-2030 reconnaît les enjeux liés aux migrations, aux changements climatiques, à l'articulation entre les politiques sectorielles et ainsi de suite. Cette politique vise à utiliser le secteur foncier comme un levier de développement contrairement à ce qu'il représente actuellement, c'est-à-dire une source d'insécurité. (Ministère d'État chargé des Projets Présidentiels, de l'Aménagement du Territoire et de l'Équipement [M2PATE], 2015)

Pour revenir aux enjeux principaux traités par cette étude, c'est-à-dire la dégradation des sols et la déforestation en milieu agricole, notamment dans les pentes de collines dégradées et dans les bas-fonds, certaines politiques sont plus directement en lien avec ceux-ci.

Dans un premier temps, en février 2018, un Rapport final du Programme de définition des cibles en matière de Neutralité de la Dégradation des Terres a été fait. Ce rapport a été réalisé par un nombre impressionnant d'acteurs influents en partenariat avec le gouvernement malgache. Ce document vient renforcer les programmes qui avaient déjà été lancés par le gouvernement en matière de désertification. Celui-ci souligne l'objectif de Madagascar qui est la neutralité de la dégradation des terres d'ici 2030. Ainsi, ce rapport montre l'envergure de cet enjeu, les actions qui doivent être entreprises et analyse l'ensemble des régions du pays afin de connaître lesquelles sont dans un état critique. Ceci ne représente qu'une courte description du contenu dudit rapport, mais montre que plusieurs acteurs nationaux et internationaux sont conscients de l'ampleur du problème de dégradation des terres et que des actions concrètes seront entreprises pour y remédier, et ce, d'ici 2030. (PDC NDT, 2018)

Dans un second temps, la déforestation dans ce pays est un enjeu titanesque et plusieurs organismes et programmes luttent contre ce phénomène. Dans le rapport nommé ci-dessus, il en est d'ailleurs question. Il est documenté sur la déforestation des forêts et sur la perte de biodiversité qui en résulte, toutefois la déforestation en milieu agricole tout comme l'agroforesterie ne sont que succinctement abordées.

Dans un même ordre d'idées, mais à l'échelle régionale, il existe dans la région à l'étude une Direction régionale du Développement Rural. Cette entité représente le Ministère de l'Agriculture dans la région. Celle-ci a pour objectif d'augmenter la production et les revenus des paysans ainsi que de gérer la professionnalisation des producteurs en plus de quelques sous-objectifs supplémentaires. Diverses représentations du gouvernement sont aussi présentes dans la région, entre autres, la Direction régionale de l'Environnement et des Eaux et Forêts qui gère les ressources forestières. Il y a également la Direction régionale de l'Éducation Nationale, des représentants du Ministère de la Sécurité intérieure et Secrétariat d'État responsable de la gendarmerie et, finalement, la Direction régionale de la Jeunesse, du Sport et de la Culture de la région à l'étude. Toutes ces administrations sont responsables de représenter le ministère au niveau régional. (CREAM, 2013a)

Finalement, en matière d'aide financière, le gouvernement malgache accorde des subventions et des crédits aux régions. La Loi des finances de 2021 souligne qu'une plus grande aide financière sera versée aux communes et districts du pays et que le rôle des représentants politiques régionaux sera renforcé. (Loi

*des finances*) En plus des subventions et crédits, le gouvernement investit dans différents programmes. Par exemple, le MAEP dans son rapport d'activités 2017 montre certains secteurs où il y a eu une intervention politique pour aider les agriculteurs. Il est souligné que plusieurs milliers de paysans et d'entrepreneurs ont été formés dans diverses filières agricoles dans la région à l'étude. Également, en 2018, 52,4 tonnes d'engrais ont été distribuées dans la région afin de supporter les agriculteurs. (Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche [MAEP], 2018b). Ces exemples ne représentent que quelques-uns parmi d'autres, mais témoignent d'une certaine implication du gouvernement dans le principal secteur économique du pays.

## **5. PORTRAIT DES TECHNIQUES AGRICOLES ACTUELLES ET PROJETS DE REBOISEMENT PASSÉS**

Cette section vise à répondre au second sous-objectif de cette étude. Celle-ci consiste à caractériser les techniques agricoles actuelles et les projets de reboisement passés. Les techniques agricoles actuelles ainsi que les éléments pertinents s'y rattachant seront d'abord traités. Ensuite, certains projets de reboisement passés seront analysés afin que les leçons et/ou les recommandations de ceux-ci puissent être montrées. Cette étape permettra de proposer de nouvelles techniques agricoles et de reboisement dans la sixième section.

### **5.1 Techniques agricoles actuelles**

Cette sous-section expliquera brièvement l'influence de l'époque coloniale sur la gestion actuelle des terres agricoles, ensuite, il sera traité des cultures et des enjeux dans les bas-fonds et sur les pentes de collines dégradées. Ensuite, il sera vu les difficultés liées au matériel agricole utilisé ainsi que celles liées au potentiel agricole et à la productivité des terres. Par après, il sera traité de la riziculture et de ses effets sur le sol, de la diversité des cultures et, enfin, des stratégies et techniques agricoles améliorées qui ont été adoptées.

#### **5.1.1 Influence coloniale sur la gestion actuelle des terres agricoles**

Madagascar a connu une période de colonisation de 1896 à 1960 qui a contribué à définir le paysage malgache moderne. En fait, lors de cette période, les autorités coloniales ont mis en branle différents programmes afin de favoriser la croissance démographique, car la densité de population était à l'époque très faible, ceci étant perçu comme un obstacle au développement par les autorités coloniales. De là, des programmes furent mis en place et la démographie augmenta progressivement. Toutefois, cette augmentation démographique fit pression sur les terres agricoles et eut pour effet de diminuer la superficie cultivée par unité familiale. De plus, les politiques foncières de l'époque coloniale prônaient une gestion foncière exclusive à l'État ce qui a longtemps affecté le secteur foncier malgache. (Dabat et al., 2008b) Effectivement, l'un des aspects de ces politiques était que tous les espaces et toutes les terres non exploitées étaient automatiquement placés dans le domaine de l'État. (Sarrasin, 2009)

Depuis, plusieurs politiques de décentralisation en plus de réformes foncières ont contribué à renforcer les droits fonciers et la productivité des agriculteurs. (Dabat et al., 2008b) Enfin, bien que ces nouvelles politiques améliorent la situation des exploitants agricoles, de nombreux enjeux fonciers demeurent et plusieurs années seront probablement encore nécessaires afin d'arriver à une gestion adéquate des terres.

### 5.1.2 Cultures et enjeux dans les bas-fonds

Les bas-fonds correspondent à des surfaces planes et habituellement étroites avec un sol surchargé d'eau en raison de leur proximité avec la nappe phréatique. (Randriamanga Ratsivalaka, 2012) Ils sont composés d'un sol à gley de type hydromorphe avec un apport moyen en minéraux et étant plus ou moins organique (Fanampinirina Tsilaviniaina, 2016). Les bas-fonds sont utilisés pour la riziculture irriguée, en raison de la présence continue d'eau, sauf exception. Le riz est la principale culture, cependant des cultures de contre-saison (légumineuses, cultures maraîchères et fourragères) peuvent aussi être faites si un mécanisme d'irrigation est en place (CREAM, 2013a; Andriamaromisa, 2015). L'enjeu avec ce type de terrain est lié à la complexité du milieu qui peut engendrer certaines problématiques hydriques telles que des inondations lors d'une période donnée ou, moins souvent, un manque d'eau. (Komi Selom, 2001)

L'enjeu hydrique vient également du fait que bien que des mécanismes d'irrigation soient en place, ceux-ci ne remplissent pas toujours leur fonction (installations vétustes). (Commission Justice et Paix et Diocèses Tsiroanomandidy; Melaky, 2019). La saison principale est de janvier à mai et, pour la culture contre-saison, c'est du mois d'août à celui de décembre (Hariniaina Andriamaromisa, 2015). Pour la riziculture en bas-fond, la quantité d'eau doit être calculée. Pour un cycle de culture, il faut au minimum 250 mm d'eau afin que le riz puisse pousser. Pour effectuer ce contrôle, des canaux doivent être aménagés autour de la rizière. La première étape de ce type de culture est la préparation du sol. Celui-ci doit habituellement être labouré une à deux fois. Le premier labour est effectué à la fin de la saison précédente et le second labour est effectué avant de planter la culture. Suite à cette étape vient le hersage. Cette action se fait grâce à une herse ou par la mise en boue (piétinement) par les bœufs du sol. Le but de celle-ci est l'élimination des mauvaises herbes. Par après, vient l'épandage d'engrais. Les engrais peuvent être organiques (fumier ou compost) ou chimiques. L'ajout d'engrais a pour but d'améliorer la fertilité de la terre. Toutefois, il faut noter qu'il n'est pas toujours possible pour les paysans d'avoir accès à de l'engrais de qualité. Par la suite, il faut faire l'étape de la mise en pépinière. Ensuite, le repiquage sert à transplanter de jeunes plants. Dans les bas-fonds, ce travail se fait de deux manières, soit le repiquage en ligne et/ou le repiquage dispersé. Néanmoins, selon la Commission Justice et Paix, le repiquage dans les rizières n'est pas la pratique la plus courante. (Commission Justice et Paix et Diocèses Tsiroanomandidy; Melaky, 2019) Enfin, l'étape du sarclage suit, celle-ci vise à l'élimination des mauvaises herbes. Habituellement, deux sarclages doivent être faits par saison. (Hariniaina Andriamaromisa, 2015)

### 5.1.3 Cultures et enjeux sur les pentes de collines dégradées

Les pentes de collines dégradées ou *tanety* sont composées d'un sol qui donne de bons rendements agricoles, cependant la profondeur de celui-ci est restreinte. De ce fait, les *tanety* doivent être continuellement amendés en engrais. Sur ces collines, les cultures sèches prédominent, notamment le maïs, le manioc ainsi que la riziculture pluviale (Raharimalala, 2018). Afin d'améliorer la composition du sol, la quasi-totalité des exploitants agricoles utilise de la fumure organique et une minorité de ceux-ci utilisent de la fumure minérale (CREAM, 2013a).

Concernant les étapes précédant la plantation des cultures, celles-ci sont similaires à celles utilisées dans les bas-fonds, toutefois l'eau est entièrement distribuée par les pluies (systèmes pluviaux). L'étape de préparation traditionnelle du sol des *tanety* est le labour par la charrue et les bœufs, ensuite vient le pulvérisage grâce à une herse. De manière plus précise, une étude sur le Vakinankaratra montre que pour les systèmes de riz pluviaux, plusieurs techniques sont appliquées. Le tableau 5.1 ci-dessous les nomme. Encore une fois, la région de Vakinankaratra, en raison de sa proximité, de son climat et de son type de sol similaire à la région à l'étude est utilisée à titre de référence par manque d'informations sur la région à l'étude.

**Tableau 5.1 Techniques agricoles utilisées pour la culture pluviale** (inspiré de : Penot et al., 2009, p. 3)

Système pluvial dans les Hauts plateaux			
Thèmes techniques		Surfaces (Ha)	Rendements T/Ha
Labour	Angady	1 292	2,714
	Sans labour	153	3,333
	Attelé	10 892	2,361
Sarclage	Manuel	6 911	2,567
	Mécanique HR	5 420	2,334
	Chimique	7	2,5
Semences	Traditionnelles	12 211	
	Améliorées	126	

Selon l'interprétation de ces données, il est possible de voir que le labour attelé (avec des bœufs) est présent sur une plus grande proportion de terrain contrairement à celui fait avec l'*angady* (bêche). Cependant, une préparation du sol sans labour semble être bénéfique pour le rendement du riz pluvial, car celui-ci est plus élevé que pour les deux autres techniques. Ensuite, l'étape du sarclage est faite généralement à la main et fournit un rendement plus élevé que celui fait de manière mécanique et chimique. Finalement, il est possible de voir que les semences améliorées ne sont pas encore vraiment



utilisées comparativement à celles traditionnelles, probablement dû au manque de financement, de connaissances et de support extérieur.

Dans un autre temps, bien que le riz soit la principale culture, d'autres plantations sont également faites afin d'éviter que le riz pluvial soit implanté pendant deux années consécutives. Pour le Vakinankaratra, deux types de rotation sont vus. D'abord, il y a la culture de patates douces, suivi du riz pluvial qui à son tour est suivi des cultures de haricots, de maïs et ensuite de jachère longue. Suite à cela, il y a un retour au riz pluvial qui est suivi de la culture de maïs et de haricots. Le second type de rotation fréquemment vu est la culture de tomates, suivi du riz pluvial, suivi du maïs et du haricot. (Penot et al., 2009)

Finalement, les *tanety* ne sont pas nécessairement tous cultivés. Certains ont une faible couverture végétale et sont utilisés comme pâturage pour les bovidés. Les feux de brousse ravagent annuellement ces collines. (Commission Justice et Paix et Diocèses Tsiroanomandidy; Melaky, 2019)

#### **5.1.4 Difficultés liées à l'accès au matériel agricole**

Afin de comprendre l'agriculture malgache et les enjeux qui en découlent, il semble approprié d'examiner d'abord le matériel agricole qui est à la disposition des paysans.

De manière générale, le matériel agricole utilisé par la majorité des exploitants est composé d'environ six outils traditionnels. Par manque d'information pour la région à l'étude, ces estimations proviennent de la région de Vakinankaratra qui est une région faisant également partie des Hautes-Terres centrales de Madagascar. Ainsi, un exploitant agricole a deux à trois bêches (*angady*), entre une à deux faucilles (*antsim-bilona*) et, habituellement, un autre outil tel qu'une hache, pelle, brouette, etc. Concernant les outils non traditionnels, la sarleuse mécanique, le pulvérisateur et la batteuse à pédale sont également utilisés, cependant ces deux derniers sont plutôt rares. Il est noté que des agriculteurs utilisent les bœufs de trait pour le travail aux champs et pour la mise en boue des rizières. (Raharimalala, 2018) Effectivement, toujours pour la région de Vakinankaratra, la majorité des ménages possèderaient deux zébus ou plus (Raharison, 2016). Toutefois, seuls 43 % des exploitants agricoles sont équipés d'une paire de bœufs et d'une charrette. De ce fait, la très grande majorité des exploitants font les travaux manuellement. Finalement, les équipements du genre motorisés sont très rares et seules les familles riches en possèdent. (Razafimahatratra et al., 2017) Néanmoins, il est possible pour certains agriculteurs de louer les appareils motorisés d'un riche exploitant ou encore d'une institution publique. (Raharimalala, 2018) Enfin, sachant

qu'une grande proportion de la population a des zébus pour le travail du sol et/ou pour la vente<sup>6</sup>, il est aisé de comprendre en quoi les *Dahalo* (voleur de bœufs) sont une source d'insécurité dans la région.

Dans un autre temps, l'accès aux engrais est un enjeu pour les agriculteurs. Effectivement, bien que la culture sur les pentes de collines dégradées (*tanety*) donne généralement de bons rendements, celle-ci nécessite un certain apport en engrais en raison de la faible consistance en minéraux et en matière organique du sol. (CREAM, 2013a; Raharison et al., 2016) Les deux types d'engrais utilisés dans la région sont les engrais minéraux et ceux organiques. La problématique avec les engrais minéraux est que ceux-ci sont difficiles d'accès et les paysans ont difficilement accès à des conseils agricoles pour les guider. De plus, une grande partie des paysans n'ont pas les moyens financiers de s'en procurer. De ce fait, l'engrais organique est beaucoup plus utilisé, puisque celui-ci provient des bêtes ou du compost (Andriamaromisa, 2015). À titre de précision, en 2009, 1540 paysans utilisaient la fumure minérale dans la région à l'étude contrairement à 65 000 paysans pour la fumure organique. (CREAM, 2013a))

Finalement, l'accès aux semences est également une notion importante à mentionner ici. Peu d'information a été trouvée dans la région à l'étude, cependant il a été vu que dans le sud de Madagascar, les paysans s'échangeaient entre eux des semences. Cela leur permet de ne pas déboursier pour varier leurs semences, mais également, il a été soulevé par des paysans que ceux-ci n'ont pas confiance en les semences vendues ou offertes. Effectivement, il est arrivé que des semences qui étaient offertes lors de projets d'aide n'aient pas eu la même productivité que les semences qui étaient auparavant utilisées par les agriculteurs. Cela a engendré une perte de confiance envers celles-ci. Encore, le prix des semences de base comme celui des semences certifiées est habituellement élevé et, même si les semences sont parfois subventionnées, cela engendre des coûts importants pour un agriculteur. (Beauval et Di Leonardo, 2016)

#### **5.1.5 Potentiel agricole non exploité et productivité stable**

Le potentiel agricole de la région à l'étude, bien qu'étant élevé, n'est pas entièrement valorisé. Plus précisément, seuls 17 % de la superficie pouvant être cultivée l'est réellement. Il est noté qu'environ 725 000 hectares sont encore à exploiter et ceux-ci, étant principalement des *tanety*, permettraient d'augmenter le potentiel rizicole de la région. (Raharison et al., 2016) Plusieurs facteurs expliquent ce faible taux d'exploitation, notamment l'insécurité foncière, le peu d'accès à des conseils agricoles, l'accès

---

<sup>6</sup> La région à l'étude a un grand marché où des milliers de zébus transitent chaque semaine. Celui-ci représente un flux économique important pour la région, mais l'insécurité liée aux *dahalo* (voleurs de bœufs) décourage les investisseurs locaux et étrangers. (CREAM, 2013)

restreint à l'éducation, l'enclavement des communes, la pauvreté, l'accès à des intrants et ainsi de suite. (CAPFIDA, 2006)

Dans un autre temps, le potentiel agricole est un élément certes très important, mais la productivité du sol l'est tout autant. Le Rapport final du Programme de définition des cibles en matière de Neutralité de la Dégradation des Terres créé en 2018 par une multitude d'acteurs internationaux et le gouvernement de Madagascar identifie des enjeux pressants au niveau de la dégradation des terres du pays. Des indicateurs ont été établis afin de déterminer la dynamique de productivité des terres. Concernant la région à l'étude, il est apparu qu'un pourcentage nul des terres étaient en déclin, 2 % affichaient les premiers signes de déclin de la productivité, 5 % avaient une productivité stable, mais sous stress et, pour la très grande majorité des sols, la productivité était stable et sans stress. (PDC NDT, 2018) Cela dit, la région ne semble pas avoir une diminution critique de la productivité en lien avec la dégradation de terres. De plus, il est montré qu'une pluralité des sols ont une productivité stable et sans stress, ce qui est vraisemblablement positif. Cependant, la malnutrition, la pauvreté et le faible taux de développement économique de la région à l'étude témoignent que ce degré de productivité n'est pas acceptable pour construire une société moderne. Aussi, à l'échelle du pays, la dégradation du sol est si étendue que celle-ci coûte à la société malgache près du quart de son produit intérieur brut (PNUE, 2019). Pour remédier à cet état, il semble juste de mettre en place des moyens augmentant la productivité des terres, et ce, de manière durable.

#### **5.1.6 La riziculture et ses effets sur le sol**

Le riz étant l'aliment principal dans les cultures malgaches, trois saisons de culture y sont associées. La saison de juin à décembre est nommée le riz de première saison et localement *Vary aloha*. La seconde saison est de septembre à mars et se nomme le riz intermédiaire ou *Vary tsivalatao*. La dernière saison est de décembre à juin, elle se nomme le riz pluvial ou *Vary tsipala*. (CREAM, 2013a) Le rendement associé au riz est d'environ une à deux tonnes/ha et 63,67 % de la production se fait à Tsiroanomandidy.

Ainsi, avec la présence quasi permanente du riz dans les cultures, il est nécessaire de s'intéresser à la manière dont celui-ci peut affecter la santé du sol sur le long terme. Selon l'Organisation des Nations Unies pour le développement et l'agriculture, deux des principales nuisances associées au riz sont l'érosion ainsi que la carence en nutriments. (Organisation des Nations Unies pour le développement et l'agriculture [FAO], s. d.a)

Pour ce qui concerne l'érosion, celle-ci est davantage problématique dans les cultures pluviales pratiquées sur des pentes, comme c'est le cas avec les *tanety*. L'érosion a comme effet d'entraîner le sol des pentes vers les bas-fonds. Ainsi, les pentes de collines vont perdre une couche de sol arabe et des minéraux. Comme le sol s'érode, l'horizon organique de celui-ci ne peut pas créer une couche importante, celle-ci reste toujours superficielle. Toutefois, cette érosion n'est pas seulement nuisible. Pour les bas-fonds, bien que cela puisse engendrer des enjeux d'ensablement et d'envasement, le sable des *tanety* apporte une quantité de minéraux qui améliore la texture du sol. En fait, il est même possible que certains agriculteurs canalisent l'eau qui ruisselle des *tanety* et la déverse dans leurs bas-fonds. Cela rend, par la suite, l'aménagement de ces derniers plus évident. (Raharimalala, 2018)

Pour la carence en nutriments, il est montré qu'un sol à vocation rizicole a souvent une carence en éléments tels que le phosphore, le calcium, le fer, le manganèse, le zinc, l'azote, etc. À titre d'exemple, une carence en zinc est le plus souvent due à un pH élevé du sol et/ou à de l'eau d'irrigation, à de fortes doses d'épandages d'azote et de phosphore, etc. Cela peut avoir pour conséquence d'empêcher les plants d'émerger de la terre ou que ceux repiqués meurent. Sachant que le pH du sol de la région à l'étude est habituellement entre 4,5 à 6 et que l'eau est irriguée, du moins dans les bas-fonds, il est possible de s'interroger à savoir s'il y a une carence en zinc dans le sol des *tanety* (Raunet, 1980).

Ensuite, il est vu que pour la riziculture pluviale et irriguée, le sol est souvent pauvre en azote et en phosphore. Les *tanety* devraient alors être amendés avec un engrais ayant ces deux éléments. Cependant, dans la région à l'étude, il n'est pas évident d'avoir accès à de l'engrais et encore moins à des conseils sur le type d'engrais approprié en fonction du sol. (FAO, s. d.a) Néanmoins, une étude sur l'ensemble du Moyen Ouest montre que les paysans ont recours au fumier. Celui-ci est constitué de litière et de déjections bovines. Le fumier serait transporté sur les *tanety* une à deux fois par an. Toutefois, ce dernier n'est pas produit en quantité suffisante en raison des difficultés liées à l'approvisionnement en litière et à la malnutrition chez les animaux. (Randriamanantsoa, 2013) En somme, ce type de culture soutire de nombreux nutriments au sol ce qui l'appauvrit. Cela oblige les paysans qui en ont les moyens à ajouter de l'engrais sur leur terrain agricole.

#### **5.1.7 Diversité des cultures insuffisante**

Le principal aliment qui est cultivé est le riz. La culture pluviale qui dépend entièrement des précipitations pour son approvisionnement en eau est très populaire sur les *tanety* (FSC, 2019). Ce type de culture est pratiqué majoritairement dans le nord de Fenoarivo et dans le sud de Tsiroanomadidy (CAPFIDA, 2006).

Au niveau de la polyculture, il est noté qu'à Madagascar la plupart des familles la pratiquent. Toutefois, durant l'année de production, c'est moins de cinq cultures qui seraient en rotation, la riziculture restant toujours la prédominante.

De manière plus spécifique, les principales productions de la région à l'étude sont le riz (*Paddy*) avec 198 487 tonnes, le maïs avec 15 017 tonnes et le manioc avec 55 647 tonnes (estimation de 2015) (Andriamahazo et Lahimasy, 2019). Dans cette région, il est évalué que 90,4 % des ménages cultivent le riz, 45,8 % le maïs, 61,2 % le manioc, 4,7 % la patate douce et 2,6 % des ménages cultivent tous autres types de tubercules. En ce qui concerne la superficie de terre cultivée par ménage, une estimation de 2013 montre qu'un peu plus de 60 % des familles cultivent sur une surface de moins de 1,5 ha, environ 30 % sur une surface de 1,50 à 4 ha et un peu moins de 5 % sur une surface supérieure à 4 ha. Ainsi, il est possible de voir que la superficie cultivée par chaque famille est majoritairement très petite. (PAM, 2014) Dans ce même ordre d'idées, la diversité des cultures est plutôt faible et centrée sur la riziculture.

#### **5.1.8 Stratégies et techniques agricoles améliorées adoptées**

Depuis quelques années, des stratégies et techniques agricoles améliorées sont mises en place par des organismes de manière sporadique dans la région à l'étude afin de répondre aux enjeux agricoles actuels. Dans cette sous-section, il sera vu quels types de techniques améliorées ont été proposées dans cette région du Moyen Ouest.

Dans un premier temps, les techniques agricoles améliorées ne représentent pas un système défini, mais bien plusieurs types de méthodes qui peuvent être utilisées conjointement ou non. L'objectif est d'assurer une production agricole rentable et durable tout en s'assurant que le sol conserve sa fertilité et, au mieux, que celle-ci augmente. Le processus de transfert de connaissances se fait lors de séances d'informations ou d'ateliers auxquels les paysans assistent. Ces ateliers sont effectués par des intervenants, par exemple, l'Agence Japonaise de Coopération Internationale lors du projet PRODAIRE. Les paysans peuvent également apprendre par leurs voisins qui auraient assisté aux séances ou aux formations. (ONE, 2008) Dans la région à l'étude, il est noté qu'en 2013, 45 000 paysans utilisaient une technique culturale améliorée. Le tableau 5.2 ci-dessous montre la fréquence d'utilisation de certaines méthodes améliorées en 2003.

**Tableau 5.2 Fréquence d'utilisation des techniques améliorées dans la région à l'étude**(tiré de : ONE, 2008)

	Régulièrement	Occasionnellement	Pas disponible
SRI (Système de Riziculture Intensive)	3	16	5
Repiquage du riz	23		2
Semis direct du riz sur rizière : -sur boue	7	7	11
Semis direct du riz sur rizière -à sec	10	4	11
Cultures de contre-saison sur rizière	8	11	6
Zéro labour sur les tanety (semis direct)	2	10	13
Culture suivant courbe de niveau	2	12	11
Engrais chimiques	7	11	7
Equipements agricoles non traditionnels	24		1
Pesticides/herbicides	4	12	9
Produits vétérinaires	12	8	5
Variétés améliorées de riz	4	13	8
Variétés améliorées de café	2	3	20

Dans les techniques améliorées se trouve également le concept d'Agriculture de conservation (AC). Celle-ci est un système qui a pour objectif d'améliorer durablement la productivité de la terre en respectant les services écosystémiques qui découlent de l'activité biologique ainsi que de la matière organique présente dans le sol. Elle se base sur trois préceptes, c'est-à-dire un travail minimal du sol, les associations et les rotations culturales ainsi que la couverture permanente du sol. Le travail minimal de la terre a comme visée la préservation de la couche superficielle. Un labour occasionnel peut être effectué si nécessaire, mais l'idée est de ne pas perturber le sol et de laisser la matière organique à sa surface. Ensuite, la couverture permanente du sol a comme objectif de le protéger et de le nourrir. Par étapes, il suffit de laisser les résidus de plantes de la précédente culture au sol, ensuite il y a les semis qui sont directement effectués à travers la couche de végétaux. Enfin, il y a les plantes de couverture. Celles-ci sont sélectionnées en fonction des bénéfices qu'elles procurent à la culture principale, notamment dans la fertilisation du sol. Donc, dans le Moyen Ouest, ce système semble apprécié par les agriculteurs puisqu'il offre une solution aux enjeux de fertilité du sol et d'érosion. Néanmoins, à la suite des projets de mise en place, il semble que la diffusion des systèmes d'AC ait largement diminué. Aussi, suite à l'application de l'AC, les agriculteurs ont été affectés par un changement comportemental des rongeurs et des gastéropodes. (Rakotorahalahy, 2018)

Dans un second temps, dans l'AC s'insère la technique de Semis direct sous couverture végétale permanente (SCV). Cette technique permet de restaurer la fertilité d'un sol dégradé, et ce, de bien des manières. Elle permet au sol de se reconstruire avec un apport rapide en matière organique autant à la surface de celui-ci qu'en profondeur. Elle permet également le recyclage d'éléments nutritifs. Toutefois, le concept est encore très récent dans la région. En ce sens, les surfaces et les paysans appliquant ce

modèle sont peu nombreux. Enfin, il faut retenir que ces informations datent de 2003 et que, dans le cadre de la présente étude, il n'a pas été possible de déterminer si le SCV était encore appliqué dans la région à l'étude. (Rakotorahalahy, 2018)

Dans un dernier temps, le Système de riz intensif (SRI) est un concept qui s'inscrit également dans l'AC. Celui-ci a pour objectif de produire du riz avec une très faible quantité de semences, d'eau, d'engrais et, le tout, sur un sol riche et aéré. Il s'inspire des méthodes actuelles de la riziculture, mais améliore celles-ci afin de développer le plein potentiel de cette culture. (Apedoh, 2019, 22 juillet) Au contraire de l'AC, le SRI demande une grande préparation du sol (labour, nivellement, mise en boue, planage). Dans la région à l'étude, 60 % des répondants, lors d'une mission sur la sécurité alimentaire menée par la FAO et le PAM, indiquent avoir adopté le SRI. (Pound et al., 2017)

## **5.2 Leçons apprises des projets de reboisement passés**

Afin de répondre à l'enjeu de déforestation, de nombreux organismes et programmes ont vu le jour à Madagascar. Certains n'ont pas eu les résultats escomptés, alors que d'autres ont permis de reboiser de vastes étendues. Dans tous les cas, les organismes chargés de ces projets ont formulé des recommandations ainsi que des leçons apprises lors du déroulement de leur projet. Cette section traitera des projets ayant été réalisés dans la région à l'étude et dans les régions à proximité. Par souci de concision, seules les leçons apprises et/ou les recommandations de six projets en lien avec l'objectif de cet essai seront énumérées.

### **5.2.1 Projet PRODAIRE**

Tout d'abord, il est impossible de ne pas nommer le projet PRODAIRE. Ce projet visait six communes divisées dans la région à l'étude et dans celle d'Alaotra Mangoro. L'objectif de ce projet était d'établir « un modèle permettant de promouvoir de façon intégrée le développement rural et la conservation des sols dans les zones d'amont dégradées » (JICA, 2018). Celui-ci s'est appuyé sur le Modèle LIFE<sup>7</sup>. Brièvement, l'idée générale était de collaborer avec la population locale et d'offrir des formations dans le but ultime que la population ait les connaissances nécessaires pour reboiser les *tanety* et stabiliser les *lavakas* dans leur région. Des formations offertes aux ménages ont permis à ceux-ci de produire des plants à partir de

---

<sup>7</sup> Le Modèle LIFE est un modèle ayant pour objectif la vulgarisation et la pérennisation des activités de développement rural et de conservation des sols. Ces activités doivent être menées par les paysans qui résident dans les zones dégradées ou qui y travaillent. Des formations permettent aux locaux d'acquérir les connaissances nécessaires. (JICA, s. d.)

pieds-mères et, de ce fait, de reboiser les *tanety* ou de vendre les plants pour gagner un peu d'argent. Lors des formations, l'emphasis était sur la transmission d'informations, dans un premier temps, et, ensuite, sur l'idée de laisser aux paysans le libre arbitre sur ce qui devait être effectué. Le fait de laisser l'individu décider par lui-même est noté comme ayant grandement stimulé la motivation des participants. (JICA, s.d.) Suite à ce projet, trois leçons ont été retenues.

La première vise l'importance de la supervision et du suivi des activités menées par les populations. Plus précisément, il est souligné que bien que l'engouement de la population pour les techniques apprises lors des formations atteigne un sommet immédiatement après celles-ci, l'entrain diminue rapidement si aucune mesure de suivi n'est prise par l'organisme. L'importance d'un suivi régulier avec les locaux est nécessaire afin de les soutenir et de corriger les problèmes rencontrés en cours de route. Également, la mise en place de formations répétées sur plusieurs années est un incontournable afin d'ancrer la nouvelle méthode de travail dans la routine quotidienne du paysan. Il est aussi recommandé de prévoir un budget de suivi qui s'étalerait sur deux à trois ans suivant la fin du projet. La seconde leçon souligne l'importance de démontrer la rentabilité du projet. En fait, il est dit que les coûts engendrés pour arriver aux résultats finaux sont ce qui a retenu l'attention de leurs partenaires. Il sera alors important de s'assurer de la rentabilité du modèle choisi et de partager de manière vulgarisée la méthode de calcul avec l'ensemble des parties prenantes. La dernière leçon apprise de ce projet traite de la difficulté dans la personnalisation du système d'exécution du Modèle LIFE. Bien qu'il soit aisé de le personnaliser aux caractéristiques d'un projet donné, il semble toutefois ardu de personnaliser le système d'exécution ou, dans d'autres mots, de mise en place du Modèle. En d'autres termes, le système d'exécution du Modèle LIFE ne serait pas suffisamment souple pour s'accorder à tout type de projets et, une fois le projet entrepris, cela pourrait causer des problèmes d'ordre financier, temporel et de main d'œuvre aux organismes l'utilisant. Par exemple, dans le versement du budget qui est alloué aux activités, celui-ci est versé par trimestre. Par contre, cela peut entrer en conflit avec la réalisation de certaines activités qui doivent absolument être effectuées lors d'une période donnée, par exemple le reboisement. Il pourrait arriver qu'au moment de reboiser, le budget ne soit pas encore versé et qu'attendre ce dernier rende impossible la plantation des arbres en raison de la variation de la température de la région donnée. Aussi, si une activité ne peut pas être réalisée en raison du climat qui pourrait lui être défavorable et qu'alors cette dernière est repoussée, cela entraînerait des frais d'annulation ou le déplacement du budget sur une autre période, ce qui est compliqué et impose aux parties concernées une charge de travail supplémentaire. (JICA, 2018)



### **5.2.2 Projet MAHAVOTRA**

Le second projet présenté se nomme MAHAVOTRA phase I. Ce dernier ne s'est pas déroulé dans la région à l'étude, mais dans celle d'Itasy. Cette dernière est une région voisine ayant un climat et un type de sol très similaires. En résumé, ce projet vise à « contribuer au développement agricole et à l'amélioration de la planification et de la gestion territoriale dans la Région Itasy » (Andriamisaintsoa, 2017). À titre indicatif, dans la première phase du projet, 378 511 arbres ont été plantés. Les principaux défis rencontrés lors des travaux furent les feux de brousse, la fréquence récurrente des vents violents, l'importante proportion d'éleveurs sur pâturages (divagation bovine) et le fait qu'il y ait une grande quantité de savanes très denses. Les maladies ont également affecté les plants, notamment les eucalyptus qui furent envahis par des psylles. Il y a également eu une problématique au niveau du déplacement du bétail, celui-ci a ravagé des peuplements. La fébrilité des jeunes plants a aussi été relevée comme un enjeu de taille en raison du milieu de plantation qui est relativement pauvre et dénudé de couches végétales. Finalement, le contexte initial du projet fut relevé comme problématique, car les zones choisies pour les plantations étaient plutôt pauvres et cela n'a pas permis aux plants d'atteindre un degré de développement et de productivité important. En raison de l'éloignement des différents espaces de travail, il fut difficile de les entretenir, de les surveiller et les interventions étaient ardues. Certaines recommandations ont découlé de ces contraintes. (Andriamisaintsoa, 2017)

La première recommandation est de concentrer les plants voués à la production dans les sols fertiles et de placer les plants voués à la simple végétalisation et protection du sol dans les zones moins fertiles et celles étant plus difficilement accessibles. Une seconde recommandation est de diviser les types de plants en fonction de leur productivité. Ceux étant les plus productifs devraient être dans les zones plus fertiles alors que ceux étant moins productifs devraient être placés dans les zones marginales. (Andriamisaintsoa, 2017) Bien que le rapport nomme maintes autres recommandations, ces deux dernières semblent être les plus pertinentes au présent contexte de l'essai.

### **5.2.3 Projet de la région d'Antsirabé**

Un troisième projet de reboisement fut fait dans la région d'Antsirabé. Celle-ci est située dans la partie sud-est d'Antananarivo, non loin de la région à l'étude. L'organisation Cœur de Forêt a mené ce projet en 2011 et celui-ci a duré plusieurs années. D'ailleurs, l'organisation est toujours dans la région et, en 2020, celle-ci prévoyait planter 150 000 arbres. (Association Cœur de forêt, s. d) Ainsi, certains défis et recommandations ont été soulignés par Cœur de Forêt. L'une de ces dernières souligne l'importance d'une

convention tripartite, c'est-à-dire avec la mairie, la Direction régionale et l'ONG en question pour plus de cohésion. Il semble également important d'intégrer les communautés locales dans le reboisement et surtout de s'assurer que les citoyens ont la possibilité d'être libérés de certains jours de travail par l'entreprise qui les embauche ou la commune. Cela favorise grandement la participation aux ateliers et aux formations. Pour ce qui est des défis rencontrés, il est noté le manque de moyens dont dispose la Direction régionale ce qui limite la capacité d'action et de support de celle-ci. Ensuite, il fut difficile pour l'organisation d'identifier les acteurs économiques ainsi que les propriétaires fonciers locaux. Finalement, Cœur de Forêt souligne la difficulté pour la Direction régionale et la mairie de la région de s'engager sur le long terme. Par exemple, ces dernières, lors de la phase de croissance des arbres plantés, ont eu de la difficulté à témoigner un intérêt aux jeunes plants que ce soit par des filières de valorisation ou toutes autres initiatives. (Commission climat et développement [CCD], 2020)

#### **5.2.4 Projet pilote MANITATRA**

Un quatrième projet semble intéressant à souligner, celui-ci est en fait un projet pilote du nom de MANITATRA. Ce projet a débuté en 2014 dans le sud-est de Madagascar. Il avait pour mission de diffuser des « techniques agro-écologiques et/ ou de l'Agriculture Climato-Intelligente (ACI) pour atténuer les effets néfastes du changement climatique sur la production et améliorer la sécurité alimentaire des populations » (Cabinet IDACC Consulting, 2016). Ce projet-pilote a de nombreux volets et l'un de ceux-ci contient des travaux de reboisement importants et certaines recommandations en lien avec celui-ci en découlent. L'une de celles-ci insiste sur l'intégration des paysans pilotes<sup>8</sup> dans le développement local. Plus précisément, il est dit que l'adoption d'une communication de paysans à paysans grâce aux paysans pilotes est un facteur essentiel à la réussite du projet. Cette communication de type horizontale obtient bien souvent de meilleurs résultats qu'une communication faite par un étranger à un individu local. En considération des paysans pilotes, il est noté que toute sorte d'indemnisation pour ces derniers est largement encouragée afin de stimuler au maximum leur motivation et, par le fait même, le transfert de connaissances vers d'autres paysans. Dans un autre temps, il a été relevé que les feux de brousse peuvent être une nuisance considérable pour les nouvelles cultures et plantations. Afin de diminuer ces derniers, il est suggéré de mettre en place une *Dina* (convention collective) avec l'organisation des villageois. Ceci dans le but de décourager par une réglementation locale les paysans qui pratiquent cette technique. Une

---

<sup>8</sup> Les paysans pilotes sont des individus sélectionnés pour participer à des formations techniques. Ces derniers testeront leurs nouvelles connaissances sur leur terre. Ils sont chargés de sensibiliser leurs voisins et ont une certaine notoriété envers les autres villageois. (Cabinet IDACC Consulting, 2016)

autre recommandation vise le renforcement de l'approche multiacteur. En d'autres termes, la multiplicité des acteurs dans un projet est très souvent bénéfique pour celui-ci, ainsi le projet-pilote a noté que la faible implication de la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Écologie, de la Mer et des Forêts (DREEMF) dans la mise en œuvre du projet fut dommageable. Effectivement, le fait d'attester les actions de reboisement à la DREEMF permet, selon les organisateurs de MANITATRA, de souligner les actions entreprises, en plus d'assurer une reconnaissance dans le cas où le marché de carbone se développerait. En d'autres termes, ceci pourrait représenter une opportunité pour la région visée de s'insérer parmi les acteurs du marché carbone. En ce sens, il sera possible de faire deux pierres d'un coup, en reboisant d'une part et de l'autre côté en offrant une reconnaissance plus grande à la région dans lequel le projet est élaboré. De cette collaboration, des conseils et, parfois, du financement peuvent être offerts. (Cabinet IDACC Consulting, 2016)

Enfin, la dernière recommandation pertinente ici est à un niveau technique. De manière spécifique à la région du Vakinankaratra, les actions effectuées lors du projet furent davantage de l'ordre de la mise en valeur des *tanety* dégradés et du reboisement. Ainsi, concernant l'agriculture de conservation, il est suggéré d'encourager l'achat de rouleaux à cornière dans le but de gérer la croissance du stylosanthes. Il est également conseillé d'introduire des plantes insectifuges telles que le *Mucuna* et le crotalaire dans l'intérêt de protéger les plants des insectes et, tout spécifiquement, des vers blancs. (Cabinet IDACC Consulting, 2016) Bien que cette recommandation soit très spécifique au projet présenté ci-haut, celle-ci reste d'actualité et peut être utilisée lors de futures campagnes.

### **5.2.5 Projet Arina**

Le cinquième projet qui semble nécessaire de mentionner est le projet Arina. Sa mission fut d'améliorer les revenus des producteurs ruraux et de créer des conditions économiques et écologiques favorables à l'approvisionnement responsable et durable en bois énergie à Antananarivo. La première leçon tirée ici provient des contrats avec les pépiniéristes. En fait, une pépinière est souvent gérée par plusieurs pépiniéristes, il est donc important de signer un contrat avec plus d'un de ces individus, car cela assure une responsabilité partagée du projet. Plus précisément, si un pépiniériste fait faillite, ses partenaires vont pouvoir s'occuper du contrat et les conséquences seront moindres sur l'organisme. Une autre recommandation suggère qu'il est nécessaire de prévoir des pertes de plants lors du déplacement et lors de leur développement. Ce projet mentionne de prévoir une quantité de plants équivalente à 20 % de la quantité totale afin de pallier la mortalité des plants. Ensuite, le projet a montré qu'une gestion adéquate des ombrières est absolument nécessaire afin de limiter la croissance des plants en cas d'absence ou de

retard des pluies. Une autre recommandation est de favoriser amplement les exercices pratiques et les visites terrain comparativement aux cours théoriques lors de la formation des paysans sélectionnés. Également, il est souligné que les individus qui assurent la trouaison ont parfois de la difficulté à respecter l'écartement adéquat entre les trous et les lignes de plantation. De ce fait, des gabarits ayant la dimension choisie doivent leur être fournis pour obtenir des résultats optimaux. Dans le même ordre d'idées, il est noté que les engrais doivent être enfouis en bordure du trou de plantation. Il est donc exclu de mettre l'engrais au niveau du collet des plants, cela dans le but de limiter le risque de brûlures des racines. Finalement, les plants dits « fonds de pépinière » qui restent suite à la distribution complète des plants doivent être détruits. Ces plants plus faibles ne poussent pas bien dans les champs et cela pourrait avoir comme effet de décourager les reboiseurs. De plus, même si les plants étaient encore de bonne qualité, ceux-ci ne doivent pas être replantés l'année suivante, car ils seraient trop grands en plus d'être une source de parasites durant leur séjour dans la pépinière. (Bouillet et al., s. d.)

#### **5.2.6 Projet dans les collines de Masindray**

Pour terminer, un projet de reboisement effectué dans les collines de Masindray dans la région des Hauts-Plateaux aborde une notion qui n'avait pas encore été soulevée dans les projets précédemment présentés, celle de pare-feu. Il a été mentionné maintes fois dans cet essai que les savanes herbeuses sont victimes de feux de brousse récurrents. Donc, les plants qui sont plantés à même celles-ci sont exposés. Ce projet réalisé par l'Association d'aide au développement de communes rurales à Madagascar (ASMADA) a planté 38 000 plants de Ravensara et 60 000 plants d'Eucalyptus dans la région. Pour s'assurer de la survie des plants, l'association a financé le creusement de fossés pare-feu autour des arbres. Ces fossés ont une longueur de 16 km et une largeur de 3 mètres. Également, dans l'optique de prévenir le vol des plants ainsi que les dégâts engendrés par le passage de zébus, dix gardiens ont été engagés et sont sur les lieux à toute heure de la nuit et du jour. (ASMADA, s. d.)

En somme, il est évident que les leçons apprises et les recommandations soulevées ici doivent être adaptées en fonction du contexte dudit projet, toutefois celles-ci peuvent servir d'inspiration pour tout promoteur souhaitant lancer une campagne.

## **6. TECHNIQUES AGRICOLES ET DE REBOISEMENT POTENTIELLEMENT APPLICABLES AU CONTEXTE MALGACHE**

Cette section tentera de répondre au troisième sous-objectif de cet essai qui vise à déterminer des techniques agricoles et de reboisement durables qui peuvent être appliquées au contexte de la région à l'étude. Il sera d'abord traité des techniques agricoles les plus pertinentes et, par la suite, des techniques de reboisement seront proposées. L'ensemble des techniques ont fait l'objet d'un tri préalable et sont potentiellement applicables au contexte de la région à l'étude.

### **6.1 Techniques agricoles potentiellement applicables à la situation malgache**

Cette sous-section présentera dix techniques et aménagements agricoles étant susceptibles de répondre aux enjeux de la région à l'étude. D'abord, il sera défini la technique ainsi que ses avantages. Ensuite, il sera sommairement vu son mode de fonctionnement et, finalement, il sera montré les principaux freins qui pourraient bloquer le développement de la technique. En ordre, il sera vu la technique de paillage, les plantes de couverture, le semis direct sous couverture végétale permanente, la rotation des cultures, les bandes herbacées, les bandes riveraines, la culture en terrasses, les diguettes filtrantes, le compostage et, enfin, le lombricompostage.

#### **6.1.1 Technique de paillage**

Dans un premier temps, le paillis est une couche de couverture ajoutée sur le sol qui peut être formée de branches d'arbustes locaux, de feuilles, de cailloux, d'une toile de plastique, de restes de culture, etc. Le paillis a différents rôles dont celui de reconstituer la matière organique du sol ce qui facilite la rétention d'eau et améliore la fertilité de celui-ci. De plus, comme le sol est protégé par une couverture, le risque d'érosion hydrique ou éolienne est grandement diminué. Également, cette couverture permet au sol de conserver une certaine humidité, car ce dernier n'est pas exposé directement aux rayons du soleil ce qui réduit l'évapotranspiration. Aussi, le paillis favorise l'infiltration de l'eau dans le sol. Nécessairement, l'eau retenue dans la terre permet d'alimenter les plants sur une plus longue durée, ce qui, en période de sécheresse, est bénéfique. De plus, le paillis végétal (celui le plus susceptible d'être utilisé dans le présent cas) est une source de carbone importante qui contribue à nourrir les micro-organismes du sol. En effet, le paillis, dans sa décomposition, libérera différents nutriments qui sont favorables à la croissance des cultures et à la fertilisation du sol. (Georges, 2015) Enfin, comme celui-ci est étendu sur l'ensemble de la parcelle son effet est diffus.

Encore, la couche de paillis, si elle est suffisamment épaisse, va empêcher la croissance de mauvaises herbes, puisque celles-ci seront privées d'ensoleillement. Ceci limitera le travail de désherbage de l'agriculteur. (Food and Agriculture Organisation of the United Nations [FAO], 2015) Également, le paillis est réputé pour attirer des insectes comme les termites. Ces dernières, en quantité contrôlée, sont bénéfiques aux cultures, car elles se nourrissent du paillis et, de ce fait, aident à sa décomposition en plus de créer des galeries souterraines dans le sol. Ces galeries facilitent la rétention d'eau ce qui limite le ruissellement et elles permettent une meilleure oxygénation du sol. Le paillage a donc l'avantage de réduire l'érosion et la perte de terre sur la parcelle agricole. (Georges, 2015)

Dans un deuxième temps, le matériel utilisé est très variable d'une région du monde à l'autre. Il peut s'agir de mauvaises herbes, de résidus de culture, de résidus d'arbustes, de déchets résultant de l'exploitation agricole ou forestière, etc. À titre d'exemple, au Burkina Faso, les agriculteurs, grâce à la régénération de *Piliostigma reticulatum* qui est localement appelé pied de chameau, ont accès à du paillage et peuvent, par le fait même, nourrir leurs animaux. (Georges, 2015)

À titre technique, il est recommandé que le paillis soit étendu avant la saison des pluies ou au début de celle-ci. Il est possible de semer à travers celui-ci s'il est étendu en petite quantité. Dans le cas où le paillis serait d'une plus grande épaisseur, il est recommandé de l'appliquer lorsque les plants sont plus grands et solides afin de ne pas nuire à leur croissance. La répartition du paillis dépend des intérêts de l'agriculteur, car le paillis peut couvrir l'ensemble de la surface agricole, il peut être étendu en rang ou ne couvrir que la circonférence entourant le plant. Également, le type de paillis utilisé influence les résultats qui seront obtenus. Par exemple, du paillis à base d'éléments qui se dégradent rapidement va tout aussi promptement fournir des nutriments au sol, toutefois l'effet de protection du sol ne sera pas de longue durée. Dans le cas contraire, un paillis constitué d'éléments qui prennent plus de temps à se décomposer va avoir un effet de protection de plus longue durée, mais va transmettre plus lentement ses nutriments au sol<sup>9</sup>. (FAO, 2015)

Encore, le paillage peut être utilisé pour végétaliser la surface du sol sans nécessairement avoir comme optique de le cultiver par la suite. Effectivement, il est possible de noter un exemple de revégétalisation avec l'arbuste nommé pied de chameau au Burkina Faso. Les différentes parties de cet arbuste ont été découpées, c'est-à-dire les feuilles, les branches et les gousses, afin d'être étendues sur une surface de

---

<sup>9</sup> Dans le cas d'une décomposition plus lente, de l'engrais animal peut être étendu sur le paillis afin d'augmenter la teneur en azote du sol et d'accélérer la décomposition du paillis. (FAO, s. d.b)

terre. Quelques semaines plus tard, les graines de certaines gousses avaient germé et des arbustes commençaient à croître. Quelques mois plus tard, à ce même endroit, un agriculteur a fait paître ses animaux qui ont produit du fumier sur la parcelle de terre. Ensuite, il a été remarqué que, lors de la saison des pluies, les semences qui avaient été en partie digérées par les animaux ont germé et cela a permis au sol dégradé de retrouver une couverture végétale. (Georges, 2015)

Pour la région à l'étude, le paillage pourrait se faire à partir des résidus de cultures et de différents arbustes de la région. Néanmoins, un compromis devra être effectué en ce qui concerne la disposition des résidus de culture, car ceux-ci peuvent également servir à nourrir le bétail. De plus, il sera nécessaire d'analyser quels arbustes poussent dans la région et, afin d'optimiser les résultats, d'en planter en quantité suffisante. Dans le cas des *tanety*, dans la région à l'étude, où l'érosion des sols est importante, il est suggéré d'opter pour un paillis qui se décompose lentement, puisque cela va fournir une protection de longue durée au sol. La figure 6.1 donne un exemple de paillis pouvant être fait dans cette région du Moyen Ouest.



**Figure 6.1 Paillis de luzerne sur culture de riz, Madagascar** (tiré de : Stöcklin, 2018, 5 juin)

Néanmoins, cette technique présente certains inconvénients. Premièrement, certains organismes comme les limaces, les termites et les escargots qui apprécient les milieux humides et protégés peuvent se multiplier et causer des dommages aux cultures. Toutefois, des solutions locales peuvent être facilement mises en branle pour corriger ce problème, par exemple, il est possible d'éparpiller de la cendre ou des coquilles d'œufs écrasés à la base des plants (Gouvernement du Canada, 2013). Deuxièmement, si des résidus de cultures sont utilisés, il est important d'identifier si ces résidus sont contaminés par une maladie, des champignons ou par des ravageurs afin de ne pas transmettre ces maux à la nouvelle culture. Une bonne rotation des cultures ainsi qu'un tri préalable en cas de maladies peuvent éviter cet

inconvenient. Troisièmement, si le matériel végétal pour le paillage est riche en carbone (ex. : de la paille), alors l'azote du sol va d'abord être utilisé par les micro-organismes dans le sol pour effectuer la décomposition et l'azote ne pourra plus être utilisé immédiatement par les plantes qui en ont besoin pour croître. Enfin, dans une région telle que celle à l'étude, la faible disponibilité des végétaux peut créer certains conflits d'usages concernant son utilisation pour l'agriculture ou pour nourrir le bétail.

### 6.1.2 Plantes de couverture

Tout d'abord, les plantes de couverture représentent un ensemble végétal qui est semé entre les cultures principales pour différentes raisons. Alors que la culture principale se développe, celle-ci ralentit la croissance de la culture de couverture qui va créer un tapis végétal sur le sol. Lorsque la culture principale est récoltée, la culture de couverture va continuer à protéger le sol et celle-ci peut alors être récoltée si elle sert à la production d'un aliment ou, au contraire, laissée sur le sol afin de servir de paillis. Cependant, il est important de ne pas récolter la plante de couverture en totalité afin que celle-ci continue à enrichir le sol. Cette méthode favorise l'infiltration de l'eau dans le sol, permet de réduire le ruissellement ainsi que l'érosion, en plus de raffermir la structure du sol. De plus, les plantes de couverture permettent d'augmenter la quantité de matières organiques en plus de recycler les nutriments du sol. (FAO, s. d.b) Également, celles-ci peuvent être utiles dans la lutte contre les mauvaises herbes et les rongeurs en plus d'augmenter la biodiversité dans le sol. (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture [FAO], 2021) La figure 6.2 illustre un exemple de plantes de couverture sur un sol à forte pente.



**Figure 6.2 Couverture d'*Arachis pintoï* dans une culture d'agrumes, Madagascar** (tiré de : Husson et al., 2012, p. 6)

À titre d'exemple, à 25 km au nord d'Antananarivo, dans le bassin versant de Maniandro, une technique de couverture qui consiste à intercaler la culture de *Stylosanthes gracillis* avec les cultures principales a été utilisée. Grâce à cette association, il a été possible de constater le rôle joué par une couverture végétale dans la perte de terre sur une surface agricole. Le tableau 6.1 montre la quantité de terre perdue en raison



de l'érosion dans différents types de culture ayant ou non une couverture végétale, en plus d'intégrer le concept de paillage (couverture morte). (Andriambelomanga et al., 2012)

**Tableau 6.1 Quantité de terre perdue en raison de l'érosion dans différents types de cultures pluviales**  
(tiré de : Andriambelomanga et al., 2012)

Pertes en terre (tonnes/hectare)				
Parcelle				
Culture de manioc sans dispositif anti-érosif	Sous couverture végétale vivante ( <i>stylosanthes gracilis</i> )	Sous couverture végétale morte (paillage)	Sous jachère naturelle de <i>Cynodon dactylon</i>	Sous graminée à <i>Aristida rufescens</i>
26,8	10	7	3,5	0,65

Étant donné que la perte de terres sur les *tanety* est un enjeu majeur qui nuit à ces collines et ensable les bas-fonds, les plantes de couverture pourraient être une opportunité permettant de limiter les effets de cette problématique.

Par la suite, comme la riziculture est la principale culture dans la région à l'étude, il pourrait être possible de l'optimiser en utilisant comme plante de couverture le *Stylosanthes*<sup>10</sup>. Par contre, cela a déjà été fait dans le Moyen Ouest, et, bien que les résultats soient encourageants, ceux-ci prennent quelques années à venir. Effectivement, avant qu'un rendement significatif soit vu, il faut souvent deux ans et même plus avant que les effets des plantes de couverture sur la culture principale soient ressentis. (Naudin et al., 2018) Toujours à titre d'exemple, au lac Alaotra dans la région d'Alaotra Mangoro à Madagascar, de bons résultats sont donnés par l'association de cultures de maïs avec comme plantes de couverture des légumineuses (*Vigna spp.* ou ayant comme couverture la vesce) (Penot et al., 2015; Centre de recherches, d'études et d'appui à l'analyse économique à Madagascar [CREAM], 2013b).

L'un des freins associés à cette technique est lié à la capacité des paysans à obtenir des graines ou des plants, ceux-ci pourraient avoir à déboursier une somme monétaire pour s'en procurer, l'achat de celles-ci peut représenter un frein. Néanmoins, ils peuvent faire des échanges avec leurs voisins. (Wager, 2017) De

<sup>10</sup> Cette plante a une facilité à s'installer dans les sols relativement pauvres et est un bon moyen de lutte contre le Striga qui est une plante parasite très répandue dans les cultures de riz et de maïs du Moyen Ouest de Madagascar (Naudin et al., 2018).

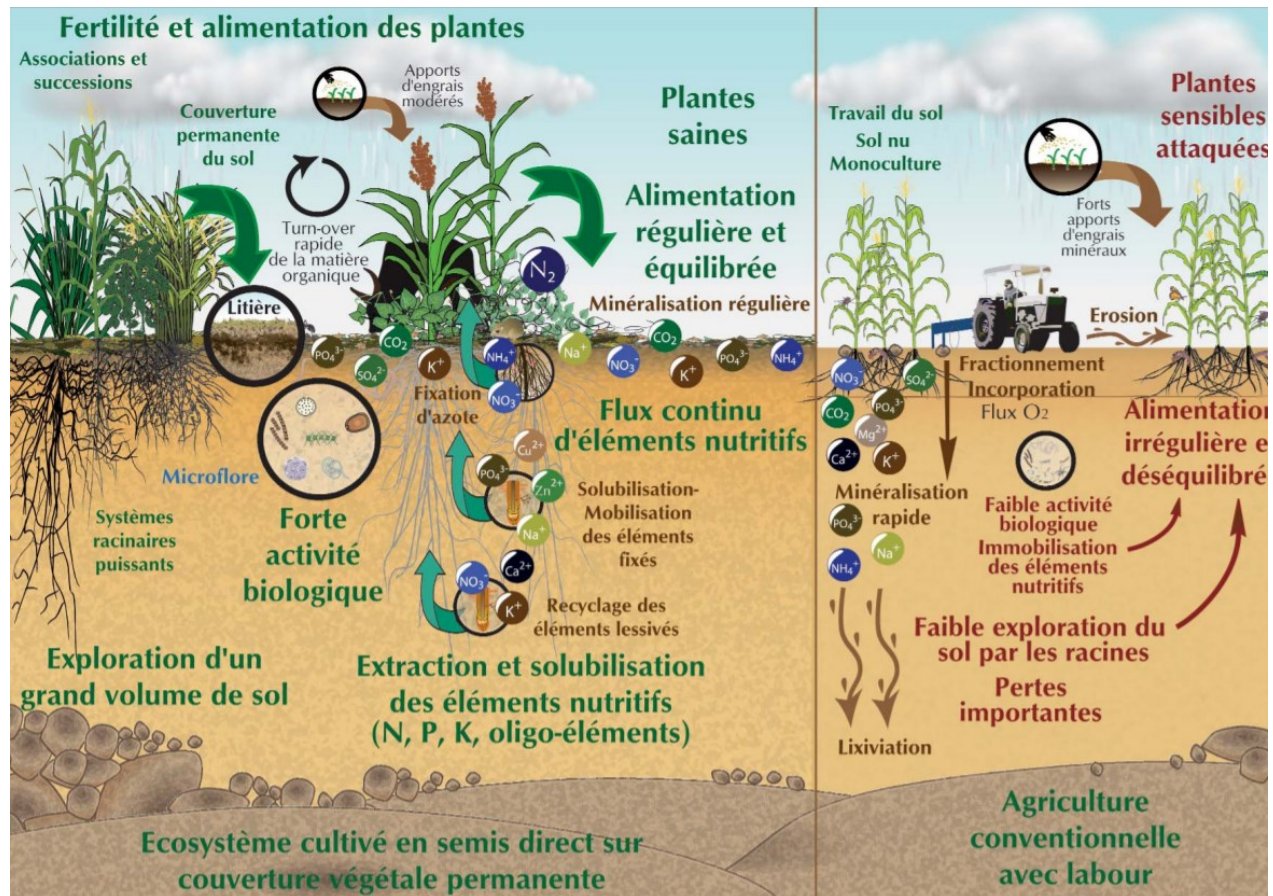
plus, avec les plantes de couverture, la gestion des insectes peut être plus complexe. Encore, le choix des végétaux ici est important afin de ne pas sélectionner un végétal qui serait propice à la reproduction d'un ravageur. Une bonne gestion des plants doit également être faite afin de contrôler les ravageurs, mais aussi afin de s'assurer que la couverture ne fait pas compétition à la culture principale. De plus, ladite association doit être sélectionnée afin de répondre aux besoins du sol et non nuire à celui-ci, par exemple en soutirant trop de nutriments ou d'eau à ce dernier. (Cunha de Barcellos Ferreira et al., 2013) Ainsi, le choix des végétaux ne doit pas être fait à la légère et il est nécessaire d'avoir des connaissances sur les différentes particularités de ceux-ci. Les connaissances requises pourraient être un frein pour un paysan. Enfin, son effet est diffus sur la parcelle agricole, puisque les plantes de couverture couvrent l'ensemble de celle-ci.

### **6.1.3 Semis direct sous couverture végétale permanente**

Cette technique prône trois grands principes, soit la minimisation des perturbations du sol, le maintien d'une couverture permanente au sol et la production ainsi que la régénération d'une biomasse importante. Le semis direct sous couverture végétale permanente (SCV) tente de reproduire un sol à son état naturel, c'est-à-dire un écosystème complexe où interagissent des milliards d'organismes vivants qui remplissent chacun des rôles écologiques et qui font partie d'un cycle naturel. (Seguy et al., 2009)

Cette technique agricole est déjà utilisée à Madagascar et, afin de réaliser son plein potentiel, celle-ci doit minimiser les impacts sur le sol lors de chaque étape. De ce fait, il ne faut pas labourer et/ou sarcler le sol. Si un travail du sol est absolument nécessaire, celui-ci doit être minime. Les semis sont réalisés directement à travers la couverture végétale sur le sol. Le non-travail du sol permet de ne pas briser la structure de celui-ci et est favorable à l'activité microbienne en plus de ralentir la minéralisation. De plus, la couverture végétale peut être morte, par exemple en étant formée des résidus de la précédente culture, ou encore elle peut être vivante en étant composée de plantes de couverture (David et al., 2016). Dans tous les cas, la couverture remplit de nombreux rôles. Ceux-ci varient en fonction de sa consistance et du fait qu'elle soit vivante (plantes de couverture) ou morte (paillis). Celle-ci diminue la capacité des mauvaises herbes à se développer, elle favorise l'activité biologique du sol, sa fertilisation, son oxygénation, une meilleure structure de celui-ci, elle permet le recyclage des éléments nutritifs, etc. Encore, le principe de production de biomasse est possible grâce à la couverture du sol et aux diverses plantes qui sont semées en rotation. Ces dernières ayant chacune des particularités propres, elles enrichissent le sol. Ce principe permet de reconstituer une couche significative de biomasse sur le sol. (Seguy et al., 2009) La technique permet aussi à l'eau de s'infiltrer dans le sol et réduit les risques d'érosion.

En effet, celle-ci générerait des gains en eau de 15 à 50 %. En somme, en plus des nombreux avantages sur la conservation du sol nommés ci-haut, cette technique réduit le temps de travail habituellement nécessaire à l'agriculteur. (Wager, 2017) La figure 6.3 compare un SCV et un système de culture traditionnel.



**Figure 6.3** SCV à gauche et sur la droite un système de culture traditionnel (tiré de : Seguy et al., 2009, p. 17)

En guise d'inconvénients, il faut noter qu'afin d'obtenir des résultats rapides sur des sols ayant à la base une faible quantité de matière organique, il est nécessaire d'ajouter de l'engrais. Une solution à ce problème est de trouver une plante de couverture qui produit une forte quantité de biomasse. Un exemple de plante de couverture à forte teneur en matière organique est le *niébé*, celui-ci peut être planté avec une culture de maïs. La figure 6.4 montre ce modèle. Il faut aussi savoir que plus les sols sont dégradés et plus la mise en branle des SCV sera longue et coûteuse. Ainsi sur les *tanety* les plus dégradés, les premières années peuvent ne pas être rentables. Cependant, à long terme, la technique enrichit grandement le sol et fournit une plus grande variété alimentaire. (Seguy et al., 2009) Également, l'apprentissage de la

technique peut être un frein, car celle-ci nécessite que l'agriculteur assiste à plusieurs séances afin que celui-ci soit en mesure de modifier sa façon de faire traditionnelle. Encore, avec un travail du sol minimal ou inexistant, les adventices peuvent être problématiques. Afin de contrer cet enjeu, il est nécessaire de sélectionner des plantes de couvertures adéquates. La vesce est un exemple de couverture qui limite la pression des adventices sur la culture suivante (Semis Direct de Madagascar [SDmad], 2014). Enfin, les semences nécessaires dans l'application de cette technique doivent être soit achetées ou échangées avec des voisins, l'achat de celles-ci peut représenter un frein. (Wager, 2017)



**Figure 6.4 SCV avec maïs et niébé comme plante de couverture** (tiré de : Seguy et al., 2009, p. 32)

#### **6.1.4 Rotation des cultures**

La rotation des cultures est une technique qui est effectuée à Madagascar, cependant, comme il n'a pas été possible d'évaluer si la population de la région à l'étude l'appliquait et, si c'était le cas, comment celle-ci était faite, il semble nécessaire de détailler la technique.

Dans un premier temps, la rotation des cultures consiste en l'alternance de plusieurs cultures sur un même champ. Les cultures vont chacune jouer un rôle écologique, par exemple, les légumineuses fixent l'azote et enrichissent le sol. (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture [FAO], 2016) La rotation de plusieurs aliments a également comme effet de diminuer les parasites et les plantes adventices

ainsi que la prolifération de maladies, en plus d'augmenter la biodiversité dans le sol (Rakotorahalahy, 2018). La rotation des cultures peut également aller de pair avec la diversification de celles-ci. Effectivement, bien qu'il soit déjà avantageux de faire une rotation, ajouter une diversification des cultures peut permettre de varier l'alimentation des paysans. S'il y a un marché disponible, la nouvelle culture pourrait aussi être vendue. (Gueye, 2009) Enfin, cette technique permet de diminuer l'utilisation d'engrais chimiques, augmente la fertilisation et la structure du sol, diminue l'érosion et peut fournir une nouvelle variante alimentaire, mais son effet est ponctuel sur la parcelle agricole. (Liniger et al., 2011)

Dans un deuxième temps, pour faire une rotation, il suffit d'alterner sur une même surface agricole plusieurs cultures (Rakotorahalahy, 2018). La réalisation de cette technique nécessite l'accès à des semences ou à des plants par les paysans ainsi que des conseils techniques afin de déterminer un calendrier de rotation. Les espèces choisies dépendent des conditions climatiques de la région et celles-ci doivent être identifiées adéquatement afin de fournir une plus-value à la parcelle agricole (Bézat et al., 2016). Un système typique de culture en rotation consiste en une culture de céréales qui est suivie par une culture de légumineuses. Si l'on combine cette technique avec une couverture végétale, les rendements en seront accrus. La rotation des cultures peut être appliquée aussi bien dans les bas-fonds que sur les *tanety*, seul le type d'aliments va différer.

En guise d'exemple, dans le Vakinankaratra, dans les cultures irriguées il est cultivé du riz irrigué et, lors de la contre-saison, des cultures de pommes de terre, de carottes, de tomates et de fourrages sont faites. Concernant les *tanety*, des exemples de cultures mises en rotation sont la tomate suivie du riz pluvial qui est suivi de la pomme de terre qui à son tour est suivie du maïs combiné au haricot. Un second exemple de rotation des cultures est le maïs, le haricot et le soja suivi par le riz pluvial. Enfin, un troisième type de rotation populaire dans cette région est la jachère longue suivie de la patate douce suivie du maïs et du haricot. (Rakotofiringa, 2007)

Dans un dernier temps, au niveau des freins, il a été soulevé dans un document sur les directives et bonnes pratiques pour l'Afrique subsaharienne que la rotation des cultures rencontrait parfois des barrières psychologiques chez les paysans, puisque la rotation va contre leurs techniques et habitudes alimentaires traditionnelles. Comme solution, il est suggéré de commencer avec une simple couverture végétale. Encore, la technique demande un certain savoir-faire afin de sélectionner les cultures qui peuvent être mises en rotation. Ce savoir-faire peut constituer un frein. Également, il faut quelques années avant que les résultats se fassent réellement sentir. (Liniger et al., 2011) Finalement, il est nécessaire pour les paysans



d'avoir accès à plusieurs types de semences afin de réaliser une bonne rotation des cultures. Si les semences doivent être achetées, cela peut décourager les paysans.

#### 6.1.5 Bandes herbacées

Tout d'abord, ces bandes peuvent être de la largeur désirée, mais elles se situent généralement entre 1 à 4 mètres. Celles-ci sont formées de différents végétaux et suivent les courbes de niveau du sol<sup>11</sup>. Selon une étude dans la zone soudano-sahélienne, ces bandes réduisent le ruissellement de 40 à 60 %. (Roose et al., 2017) À titre comparatif, une étude de la FAO souligne que dans une pente de moins de 8 %, l'érosion serait réduite de 30 % (FAO, s. d.b). Néanmoins, il est également possible de créer des bandes végétales sur des pentes raides (Liniger et al., 2011). Aussi, les bandes d'une largeur de 0,5 à 4 mètres auraient la capacité de réduire la perte de terre de 10 % sur une surface agricole. Ainsi, les sédiments qui aboutissent dans les bas-fonds pourraient être diminués par cette technique et la perte de nutriments dans le sol des *tanety* serait également amoindrie. Évidemment, l'efficacité d'une bande végétale dépend de plusieurs facteurs, notamment la pente du sol, la qualité des végétaux, la largeur de celle-ci, les précipitations dans la zone d'étude, etc. (FAO, s. d.b) Les figures 6.5 et 6.6 donne des exemples de bandes enherbées constituées d'*Andropogon sp.*

En résumé, les avantages de cette technique sont qu'elle n'est ni couteuse ni difficile à appliquer et ne demande pas une grande quantité de main-d'œuvre. De plus, elle réduit l'érosion sur les pentes, augmente l'infiltration de l'eau dans le sol, en plus de fertiliser le sol et de lui apporter une meilleure structure grâce aux racines des végétaux. Les bandes enherbées fournissent du paillage ou de la nourriture au bétail, ce dernier devant toutefois être



**Figure 6.5 Bandes enherbées en saison hivernale** (tiré de : Savadogo et al., 2011, p. 12)



**Figure 6.6 Bandes enherbées en saison sèche** (tiré de : Savadogo et al., 2011, p. 12)

<sup>11</sup> Les courbes de niveau sont définies par un appareil topographique (niveau à eau, un cadre « A », etc.) afin d'indiquer au paysan où faire son aménagement qui, habituellement, est fait dans l'objectif d'arrêter le ruissellement et de favoriser l'infiltration de l'eau. (Traore et al., 2012)

contrôlé afin de ne pas dévaster les bandes. (Liniger et al., 2011; Roose et al., 2017) Certains végétaux dans celle-ci peuvent aussi servir à varier les sources d'alimentation de la population.

Dans un autre temps, le fonctionnement d'une bande est relativement simple, celle-ci agit en tant que filtre. Elle retient une partie de l'eau et, de ce fait, favorise son infiltration dans le sol, en plus de ralentir la vitesse de l'eau qui dans une pente peut faire de graves dégâts si elle n'est pas contrôlée. Les végétaux peuvent être de tous genres, mais ils doivent être sélectionnés en fonction du milieu. De plus, des arbres isolés remplissent moins bien les fonctions antiérosives qu'un regroupement de petites plantes à racines. Il est noté que l'efficacité du filtre augmente si l'on mélange des légumineuses à enracinement pivotant et des graminées à enracinement profond. En fait, plus il y a de racines par mètre carré de sol, meilleurs seront les résultats. De plus, la largeur de la bande dépend du climat, du type de sol et du degré de la pente. Si ces derniers sont dits difficiles, par exemple une surface agricole qui est affectée par de fortes averses et qui a un sol imperméable ainsi qu'une forte pente, il sera nécessaire de faire une bande plutôt large. Au contraire, dans le cas d'une surface subissant des conditions plus clémentes, la bande n'aura pas nécessairement besoin d'être très large pour remplir ses fonctions. La FAO recommande de débuter avec une bande de 5 mètres et de réduire si nécessaire par la suite. (FAO, s. d.b).

Les inconvénients de cette technique sont en grande partie reliés aux feux de brousse, au surpâturage ainsi qu'au non-entretien des végétaux au bout de quelques années. Il est aussi noté que les paysans ont tendance à réduire la largeur des bandes d'années en années, lors du sarclage. Cela a pour conséquence de diminuer l'efficacité de celles-ci. (Roose et al., 2017) Également, si la bande se fait sur la surface agricole, elle peut signifier une perte de revenus à court terme pour l'agriculteur. Cependant, à court terme, le rapport bénéfice-coût est noté comme stable et, à long terme, il est noté comme positif (Liniger et al., 2011). De ce fait, il est nécessaire de montrer aux paysans ce rapport coût-bénéfice et de sensibiliser ceux-ci aux avantages à venir. De plus, même si une bande végétale a de bons résultats avec les pluies faibles et moyennes, les pluies intenses peuvent venir la surcharger. Pour y remédier, des bandes plus larges doivent être créées. Il est également noté que le choix des végétaux doit être judicieux, puisqu'il faut éviter de planter, par exemple, des plantes ayant des graines qui se dispersent rapidement et qui peuvent envahir les cultures en bord. Ainsi, les bandes ne doivent pas entrer en compétition avec les cultures. (FAO, s. d.b) Finalement, les paysans doivent avoir des graines ou des plants afin de créer les bandes, cela peut donc constituer des frais qui peuvent être un frein à la mise en œuvre de la technique.

### 6.1.6 Bandes riveraines

Les bandes riveraines ont comme visée de stabiliser les berges et d'offrir une protection au cours d'eau. Ces bandes n'ont donc pas comme vocation d'augmenter le rendement des agriculteurs. Cependant, la protection des cours d'eau assure la qualité et la quantité de l'eau dans ceux-ci. De plus, les bandes, une fois matures, peuvent contribuer à nourrir le bétail et peuvent être utilisées pour le bois de chauffe. Toutefois, il est nécessaire que le prélèvement de bois soit contrôlé afin de ne pas empêcher les arbres et arbustes de remplir leurs rôles écosystémiques.

Effectivement, ces bandes ont un effet de filtre ce qui permet de préserver la qualité de l'eau. Celles-ci limitent les dégâts dus aux inondations grâce à la capacité des arbres et des arbustes à retenir l'eau dans le sol en plus de favoriser son infiltration. Elles limitent également l'ensablement des sources d'eau ainsi que leur eutrophisation, puisque les sédiments qui proviendraient des terres agricoles, ici des *tanety*, seront retenus par la bande. La stabilisation des berges permet d'enrayer l'érosion de celles-ci ce qui contribue à conserver la qualité de l'eau. Le choix des végétaux dépendent du climat ainsi que des enjeux présents dans la région (ensablement, inondation, etc.). (Savado et al., 2011; Fédération interdisciplinaire de l'horticulture ornementale du Québec [FIHOQ], 2013) La figure 6.7 montre un exemple de fixation des berges grâce à différents végétaux.



**Figure 6.7 Bande riveraine le long d'un cours d'eau, Burkina Faso** (tiré de : Savado et al., 2011, p. 25)

Afin de créer une bande riveraine, plusieurs éléments doivent être pris en compte et ceux-ci détermineront le degré d'efficacité de la bande riveraine. En effet, le choix des végétaux, le degré de pente du sol et sa longueur, le type de sol ainsi que la largeur de la bande sont tous des éléments qui influencent la performance de celle-ci. Au niveau de sa construction, celle-ci suit la même logique que les bandes



herbacées (voir 6.1.5.) ainsi que les haies vives arbustives (voir 6.2.4.), toutefois il faut tenir compte de la ligne des hautes eaux. Celle-ci correspond à l'endroit où les plantes terrestres s'arrêtent par rapport au plan d'eau. Elle peut être définie de plusieurs manières, mais requiert l'observation du plan d'eau en question sur une certaine période. (FIHOQ, 2013)

Les inconvénients étant associés à cette technique sont les mêmes que ceux des bandes enherbées (voir 6.1.5). Toutefois, à ceux-ci s'ajoute un niveau de complexité plus grand. Effectivement, il faut déterminer la ligne des hautes eaux et s'assurer que les végétaux choisis sont adaptés à une bande riveraine. De plus, l'entretien de la bande est important afin que celle-ci remplisse bien son rôle. Également, différentes bandes riveraines peuvent être créées. Celles ayant une grande quantité d'arbres vont avoir un plus grand effet, toutefois celles-ci nécessitent quelques années avant d'être matures. Finalement, comme la technique n'est pas créée pour augmenter la rentabilité des agriculteurs, ceux-ci peuvent ne voir aucun avantage à celle-ci, cependant cette dernière est nécessaire afin de préserver les cours d'eau de la région. (FIHOQ, 2013)

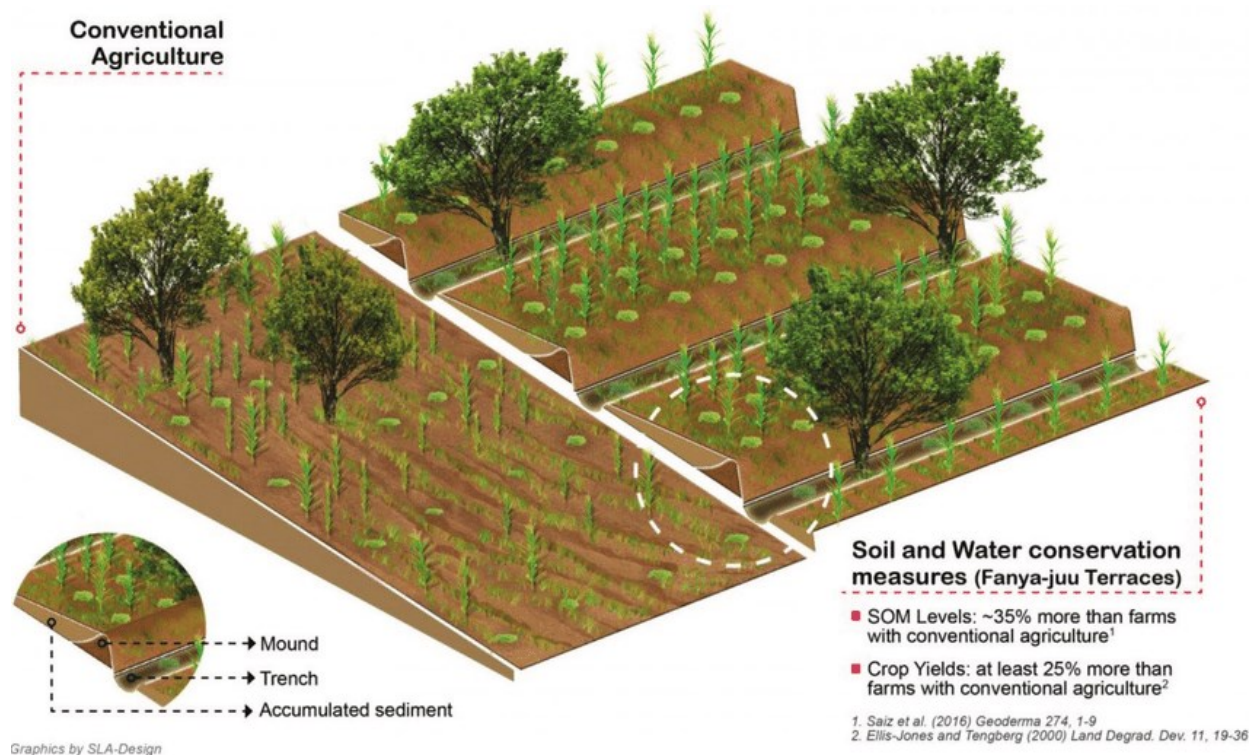
#### **6.1.7 Culture en terrasses**

Le terrassement est une technique qui vise principalement à diminuer le ruissellement et qui permet une meilleure infiltration de l'eau dans le sol, en plus d'assurer une meilleure stabilité de celui-ci. Effectivement, les terrasses diminuent la vitesse de l'eau de ruissellement, ce qui diminue le phénomène d'érosion et favorise l'infiltration de l'eau dans le sol. (Rakotomavo, 2017) De ce fait, dans une zone telle que la région à l'étude où les *lavakas* sont un enjeu, un système de terrasses enherbées peut prévenir et stabiliser ces derniers (Roose et al., 2008). Cette technique a aussi la caractéristique de résister aux extrêmes climatiques tels que les pluies intenses. Également, les terrasses rendent au sol une certaine profondeur ce qui est idéal dans un sol comme celui des *tanety* où la couche superficielle est peu profonde. De nombreuses techniques de terrassement existent et les terrasses peuvent prendre diverses formes. Ici, il a semblé pertinent de mentionner les terrasses nommées *Fanya Juu*. Celles-ci sont, depuis 1950, largement diffusées en Afrique. Ce type de terrasses est adapté au travail manuel fait par des petits exploitants. (Rakotomavo, 2017)

Comme les terrasses *Fanya-juu* sont créées par un travail manuel du sol, il est préférable de choisir un moment de l'année où le sol se travaille facilement sans que celui-ci soit mouillé. Les terrasses sont créées en partant du haut de la pente vers le bas de celle-ci. Néanmoins, si la couche de sol est trop superficielle,

il est nécessaire de commencer le terrassement par le bas de la pente. (Rakotomavo, 2017) Ce travail doit être défini par un spécialiste sur place.

Tout d'abord, il est nécessaire de creuser des fossés en suivant les courbes de niveau. La terre retirée des fossés est mise sur la bordure supérieure de celui-ci pour former une digue. Ces digues peuvent servir à évacuer vers un endroit sécuritaire l'eau en surplus ou elles peuvent simplement recueillir l'eau et favoriser son infiltration dans le sol. Lorsque la terre provenant des fossés est rejetée vers le haut, un talus va commencer à se former, il faut alors stabiliser ce dernier. La stabilisation peut se faire en créant, entre autres, une bande enherbée. Le talus est important, puisque c'est lui qui va retenir l'eau, les nutriments et les sédiments. L'accumulation de sédiments qui va se former sur le talus demande un entretien régulier afin de rejeter la terre en surplus vers le haut de la pente. Ce processus va créer une terrasse plus large et moins en pente au bout de quelque temps. (Liniger et al., 2011) D'ailleurs, la largeur de celle-ci dépend des besoins de l'agriculteur, du type de sol, du degré de la pente ainsi que des coûts disponibles pour le projet. Par exemple, une terrasse d'une largeur exagérée engendrera des coûts superflus. (Rakotomavo, 2017) Concernant la distance entre deux terrasses, celle-ci varie en fonction des besoins de l'agriculteur et de la pente du sol (plus la pente est élevée et plus les terrasses devront être rapprochées). (Liniger et al., 2011) La figure 6.8 expose une surface agricole conventionnelle et une surface avec les terrasses *Fanya-juu*. Il est possible de voir sur les terrasses *Fanya-juu* le fossé où l'on retrouve quelques végétaux et, sur le haut de celui-ci, la terre provenant du fossé qui fait un muret sur lequel viennent s'accumuler des sédiments qui vont finir par former la terrasse.



**Figure 6.8 Une surface agricole conventionnelle et une surface avec les terrasses Fanya-juu (tiré de : Shisanya, 2017)**

L'un des freins de cette technique se résume à la perte de surfaces agricoles nécessitée lors de la création des terrasses qui signifie également une perte de rendement à court terme pour l'agriculteur. En fait, à court terme, le rapport coût-bénéfice est légèrement négatif, mais à long terme, celui-ci est positif. Plus précisément, le rendement augmenterait de 14 % à long terme. Aussi, la construction des terrasses est un travail qui nécessite une grande quantité de main-d'œuvre et qui peut s'étaler sur quelques années. Un certain savoir-faire est également essentiel. De plus, il est primordial que la planification de la structure des talus soit faite de manière exemplaire et que leur entretien le soit tout autant afin d'éviter des affaissements. Encore, il faut surveiller l'évolution des plantes choisies dans la bande enherbée afin que celles-ci ne viennent pas faire compétition ou contaminer les cultures. Finalement, des coûts sont engendrés lors de la création des terrasses, par exemple pour l'achat de plants pour la bande végétale. (Liniger et al., 2011)

#### **6.1.8 Diguettes filtrantes**

Les diguettes filtrantes constituent une construction anti-érosive effectuée le long des courbes de niveau. La diguette permet de freiner la vitesse de ruissellement de l'eau et favorise l'infiltration de celle-ci dans

le sol. Il existe de nombreuses manières de construire une diguette, ici, la construction expliquée sera celle faite à partir de pierres. Tous matériaux locaux de la région à l'étude similaires aux pierres peuvent être utilisés dans cette technique, ceux-ci doivent cependant permettre à l'eau de s'infiltrer dans le sol et ne pas former un mur étanche. Lors de fortes averses, cet aménagement va jouer un rôle important dans la rétention d'eau et de sédiments et, lors de la période sèche, les cultures vont pouvoir profiter plus longtemps de l'eau retenue dans le sol. Dans ce même ordre d'idées, si les diguettes sont bien végétalisées, l'humidité au sol sera accrue ce qui est bénéfique pour les plants. La durée de vie de celles-ci est estimée à 20 ans, tout dépendamment de la rigueur du climat et de l'entretien minimal fait par les paysans. (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit [GIZ], 2012)

Afin de créer ces digues, des pierres de grosseurs variables doivent être utilisées. Les diguettes ont généralement une hauteur de 30 à 50 centimètres (cm) et leur longueur dépend du terrain sur lequel elles sont construites. Elles sont créées de manière horizontale au sol ou à la pente afin de recueillir l'eau qui s'écoule. Le fond de celles-ci peut être dénudé de végétation ou avoir un certain couvert végétal, cela dépend du degré de ruissellement et des intentions de l'agriculteur. Dans le cas des *tanety*, il est préférable de créer une diguette avec de la végétation, car cette dernière permettra à l'eau de s'infiltrer plus facilement dans le sol. Il faut néanmoins s'assurer de bien entretenir les végétaux afin que ceux-ci ne nuisent pas à la culture principale. De plus, en retenant les particules de terre, celle-ci prévient l'ensablement et la sédimentation des bas-fonds tout en permettant aux *tanety* de conserver une couche de terre qui aurait habituellement été emportée par le ruissellement. (GIZ, 2012) Il faut toutefois noter qu'il est préférable d'appliquer cette technique sur des terrains à faibles pentes (Leppens, s. d.). Ainsi, le matériel nécessaire est rudimentaire, soit des roches, une pioche, une brouette, une charrette, etc. Cette technique est à la portée des petits exploitants, cependant elle demande une grande quantité de main-d'œuvre ainsi que quelques connaissances sur les courbes de niveau. (Savado et al., 2011) Il est noté qu'après seulement quelques jours de formation, les paysans sont en mesure d'appliquer cette technique. En ce qui concerne l'apport en pierres, à titre indicatif, un rapport du GIZ au Sahel note que pour 200 mètres de diguette, 48 mètres cubes (m<sup>3</sup>) de roches sont nécessaires. (GIZ, 2012) Enfin, il est recommandé de faire cette construction lors de la saison sèche (Leppens, s. d.).

En somme, un des inconvénients liés à cette technique est l'apport en pierres. Celles-ci doivent être trouvées à proximité pour être transportées par brouette ou avec une charrette. L'accès à ces deux outils doit donc être possible. Également, la demande en main-d'œuvre est élevée pour construire cet ouvrage hydroagricole. Durant la saison des pluies, il est nécessaire de remplacer les pierres qui auraient pu être

déplacées, en fait, une vérification régulière de l'infrastructure est nécessaire. Enfin, il faut que les paysans adhèrent au concept de courbe de niveau qui, dans tous les cas, peut être partagé par l'intervenant sur place grâce à des ateliers. Le coût des pierres, si celles-ci doivent être achetées, peut aussi être un frein considérable. (GIZ, 2012; Savadogo et al., 2011) Enfin, cette technique n'est pas recommandée pour les *tanety* ayant des pentes raides. La figure 6.9 donne un exemple de diguette.



**Figure 6.9 Diguette filtrante en aval d'un champ au Sahel** (tiré de : Savadogo et al., 2011, p. 11)

#### **6.1.9 Compostage**

Le compostage est un procédé de décomposition de la matière organique par les micro-organismes du sol dans un environnement contrôlé. Les matières à décomposer peuvent être des résidus de cultures, des déchets animaux, des restes alimentaires, etc. En fait, celles-ci proviennent de l'environnement local. Cette technique offre de nombreux avantages dans la restauration de la qualité d'un sol. Effectivement, le compost augmente la quantité d'éléments nutritifs disponibles dans le sol ce qui a pour effet d'augmenter le rendement des cultures. (Misra et al., 2005) De plus, celui-ci accroît la biodiversité du sol qui participe à la fertilisation de celui-ci et bonifie sa structure. Le compost a aussi une influence positive sur la quantité de matière organique au sol et il favorise l'infiltration de l'eau ce qui a pour conséquence de limiter l'érosion (Ralaivoavy, 2018). De ce fait, un sol avec une grande quantité de matière organique est plus résistant à la sécheresse. (Misra et al., 2005) Enfin, le compost permet aux agriculteurs de diminuer largement leur besoin en engrais. (Ralaivoavy, 2018)

Cette pratique demande certaines connaissances techniques. Tout d'abord, il existe plusieurs types de compost, celui observé ici sera le compost à base de déchets domestiques organiques. Les paysans doivent regrouper leurs déchets alimentaires, leurs résidus de cultures ou toute matière organique disponible en amas. Dans ce tas de matières, il est nécessaire de surveiller le taux d'humidité et d'ajouter de l'eau au besoin. Ensuite vient la phase de fermentation. Celle-ci est caractérisée par une montée de la température du tas de matières. Dans cette phase, les micro-organismes vont décomposer la matière, l'humidité va diminuer et la demande en oxygène va augmenter. (Plateforme-Re-Sources, 2015) La température de l'amas augmente graduellement avec l'augmentation des activités des micro-organismes, mais elle ne doit pas dépasser 70 degrés Celsius. Également, les besoins en oxygène sont remplis par une aération manuelle du tas de compost. Celle-ci peut être faite avec un bâton ou une pelle pour retourner la matière. À titre indicatif, le niveau minimal d'oxygène dans un tas de compost doit être de 5 à 10 %. (Ralaivoavy, 2018) L'humidité, pour sa part, est garantie par un apport en eau par le paysan. Celle-ci doit se situer entre 50 et 60 %, car sous 50 % l'activité microbienne ralentit et si elle est supérieure à 70 % l'eau empêche les échanges d'oxygène ce qui nuit à la décomposition (Ralaivoavy, 2018; Plateforme-Re-Sources, 2015). Suite à cette étape vient l'étape de maturation. Lors de celle-ci, la matière subit encore une transformation par les micro-organismes. Une aération minimale est essentielle, mais aucun retournement complet du tas ni arrosage n'est nécessaire. Enfin, l'étape du criblage permet de séparer les éléments grossiers qui ne seraient pas compostables, par exemple, des pierres qui auraient pu être mélangées par erreur au tas. (Plateforme-Re-Sources, 2015) La figure 6.10 montre rapidement quelques étapes de la technique.



**Figure 6.10 Étapes de la création d'un compost** (tiré de : Habsatou et al., s. d., p. 2)

Cela dit, certains inconvénients découlent de cette technique. Tout d'abord, avant d'obtenir un compost mature, un à trois mois sont nécessaires. (Plateforme-Re-Sources, 2015; Habsatou et al., s. d.) Également, le respect de la température, de l'humidité et du taux d'oxygène est primordial dans la réussite de cette technique. Le non-respect de l'un de ces facteurs peut créer des odeurs désagréables, de la pourriture, le tas peut prendre en feu si la température est beaucoup trop élevée, la décomposition peut ne pas se faire, etc. (Plateforme-Re-Sources, 2015) De plus, le processus de décomposition est plutôt lent et si celui-ci est retardé par une mauvaise gestion paysanne cela peut décourager les agriculteurs. Encore, le tas de compost peut attirer des insectes et des petits animaux nuisibles aux cultures. (Habsatou et al., s. d.)

#### **6.1.10 Lombricompostage**

Le lombricompostage, contrairement au compostage régulier, est une méthode qui s'appuie sur l'utilisation de vers de terre pour décomposer des déchets organiques. Ces derniers sont très efficaces pour décomposer la matière, en effet, ils peuvent décomposer, par jour, leur propre poids en matière organique. En ce sens, plus le nombre de vers est élevé et plus il sera possible de décomposer une grande quantité de matière. Ils peuvent désagréger pratiquement n'importe quel type de matière organique et les excréments de ceux-ci sont riches en nitrates ainsi qu'en éléments utiles au sol tels que le phosphore, le potassium, le calcium et le magnésium. Ainsi, les vers sont une source durable en engrais biologique. Il faut aussi savoir que ces derniers, lorsqu'ils se déplacent, forment de petits conduits qui favorisent l'infiltration de l'eau et l'oxygénation du sol. De plus, les vers favorisent la croissance des bactéries ce qui contribue à la biodiversité du sol. (Food and Agriculture Organisation of the United Nations [FAO], s. d.)

Avant de débiter cette technique, il faut acquérir les outils nécessaires, ici, ces outils sont les vers. En fait, ces derniers dépendent du pays dans lequel la technique sera utilisée, puisque les vers ont des caractéristiques propres au sol dans lequel ils évoluent. Par exemple, les vers africains nommés *Eudrilus eugeniae* sont de grandes tailles et peuvent résister à de fortes chaleurs. (FAO, s. d.) Dans le cas de la commune Ambohimambola située dans le Vakinankaratra, l'espèce utilisée est *Eisenia fetida* qui est localement nommé *Mena bota*. Celle-ci a été choisie pour différentes raisons, notamment grâce à sa capacité accélérée à dégrader les déchets organiques ainsi qu'à son potentiel de reproduction rapide. Un seul individu de cette espèce peut avoir 500 descendants en l'espace d'un an. (Ravoninjiva, 2012)

Par la suite, quelques étapes préalables à l'intégration des vers dans la matière à décomposer sont nécessaires afin de s'assurer de la survie de ceux-ci, notamment la préparation du lombricomposteur. Ce dernier peut prendre différentes formes, l'important est qu'il ait quelques étages où peuvent circuler les



vers et qu'il protège ces derniers des prédateurs ainsi que du climat. (Ravoninjiva, 2012) En effet, le lombricomposteur doit être protégé du soleil par une ombrière et doit avoir une litière composée de matériaux locaux. Celle-ci doit ensuite être recouverte d'un peu de terre et à nouveau de végétaux. Cette masse de matière qu'est la litière doit être aspergée d'eau régulièrement afin de conserver un taux d'humidité suffisant, il ne faut toutefois pas inonder le bac. (Rubabura et al., 2020)

Par après, l'environnement dans lequel évoluent les vers doit être contrôlé. Cet environnement doit être d'une humidité entre 50 et 90 % tout au long du procédé et à une température variant entre 25 et 30 degrés Celsius selon l'espèce utilisée. (Andrianisaina, 2017) D'autres études suggèrent une température d'environ 18 degrés Celsius (Rubabura et al., 2020). En fait, la température doit être adaptée en fonction des espèces de vers choisies. Une fois les vers intégrés, il est nécessaire de s'assurer qu'ils ont suffisamment de matière organique pour se nourrir. La matière organique doit être facile à trouver, donc il peut s'agir de végétaux de la région combinés avec des excréments animaux, des restes de culture, de la paille, etc. Ces matériaux doivent être coupés en petits morceaux afin de favoriser leur décomposition. (Andrianisaina, 2017) La quantité fournie varie en fonction de la quantité de vers dans le lombricomposteur, néanmoins, il ne faut pas nourrir de manière exagérée afin de ne pas engendrer de la fermentation excessive qui feront fuir ou mourir les vers. Ainsi, il est recommandé de fournir ½ kilogramme (kg) de nourriture pour 1 kg de vers, et ce, sur une fréquence de 3 à 5 jours. (Harper et Kime, 2019, 2 octobre) Il est noté que cela peut prendre 22 à 32 jours avant que la matière organique soit transformée en déchet. (Chaoui, 2019) Toutefois, il faut savoir que le nombre de jours va varier en fonction des vers, de la matière organique fournie, etc. Ce qui est important de saisir c'est que le compost des vers est obtenu à court terme et non après quelques années.

Une fois que la matière dans le contenant est homogène et ressemble à une litière brunâtre, il est temps de séparer l'engrais et les vers. (Andrianisaina, 2017) La quantité de lombricompost à appliquer dans les champs dépend de la quantité d'engrais obtenue par les vers. En vérité, plus la quantité de compost provenant des vers est grande et moins il sera nécessaire de compenser avec de l'engrais chimique ou du fumier. À titre indicatif, selon les résultats obtenus à la commune Ambohimambola, il est suggéré d'appliquer le lombricompost à l'ordre de 2 à 4 tonnes par hectare (Ravoninjiva, 2012).

Étant donné qu'il peut être difficile pour les paysans de respecter en tout temps les paramètres de température et d'humidité, ceux-ci peuvent se référer à une organisation qui prendra en charge la production à leur place ou qui leur enseignera comment faire. La communication et l'enseignement de



cette méthode sont relativement faciles et peuvent être adoptés rapidement par les paysans locaux. Effectivement, cette technique a déjà été développée dans les Hautes-Terres de Madagascar et a donné d'excellents résultats sur les *tanety*.

En effet, le projet MANIATRA 2 financé par l'Alliance mondiale du changement climatique est un exemple de réussite. Celui-ci avait pour objectif la préservation des sols et des forêts dans les Hautes-Terres de Madagascar, dans le Vakinankatra. Ce projet, parmi un éventail d'actions, a permis de développer le lombricompostage dans la région et ce fut une réussite. Les paysans qui avaient de plus en plus de difficultés à trouver du fumier pour faire de l'engrais ont adhéré au lombricompostage et ont rapidement relevé les bénéfices de celui-ci. D'ailleurs, Rakoto Rakotondramanana, directeur du Groupement Semis Direct de Madagascar (GSDM) explique « le lombricompost est une matière organique de qualité et il en faut dix fois moins que du fumier pour un même résultat ». (Alliance mondiale du changement climatique [AMCC], 2020) Cela dit, dans le cadre de ce projet, les agriculteurs après une séance d'information ont pu construire leur premier lombricomposteur. Ces derniers ont ensuite noté que leur charge de travail avait diminué, que la qualité de leurs récoltes avait augmentée et qu'ils n'avaient presque plus besoin d'engrais chimique. De plus, leur production de vers est en constante augmentation. Finalement, le lombricompost est relevé comme étant plus efficace que le fumier. Grâce à MANIATRA 2, les agriculteurs ont appris à faire leur propre lombricomposteur, à gérer leur production de vers et à vendre les surplus de vers. (FAO, s. d.d) De cette réussite, il semble envisageable d'importer cette technique dans la région à l'étude où les paysans avec un peu de soutien pourraient développer le lombricompostage et devenir autonomes par rapport à celui-ci.

Enfin, les connaissances techniques nécessaires notamment dans la gestion de la température et de l'humidité ainsi que pour la construction du lombricomposteur peuvent être vues comme des freins au déploiement de cette technique. Il est également essentiel d'avoir accès à une certaine quantité d'eau afin de conserver ladite humidité. De plus, des vers doivent être achetés et leur prix, si celui-ci est très élevé, peut être un frein important. Toutefois, afin d'éviter que les citoyens déboursent pour l'achat de vers, ceux-ci peuvent être fournis par un organisme ou des services de l'État. Encore, l'expérience à Ambohimambola a révélé que les vers semblaient dormir lors des mois de juin à août. Pour remédier à cet inconvénient, une solution est d'intégrer des morceaux de *sesbania sesban* verts à son alimentation (Ravoninjiva, 2012). Le rendement des vers dépend également de la capacité de l'agriculteur à les nourrir et les entretenir. De ce fait, il est possible que cela prenne un certain moment avant d'avoir une quantité

significative de lombricompost. Finalement, un minimum de matière organique doit être accessible aux paysans pour nourrir les vers.

## **6.2 Techniques de reboisement potentiellement applicables à la situation agricole malgache**

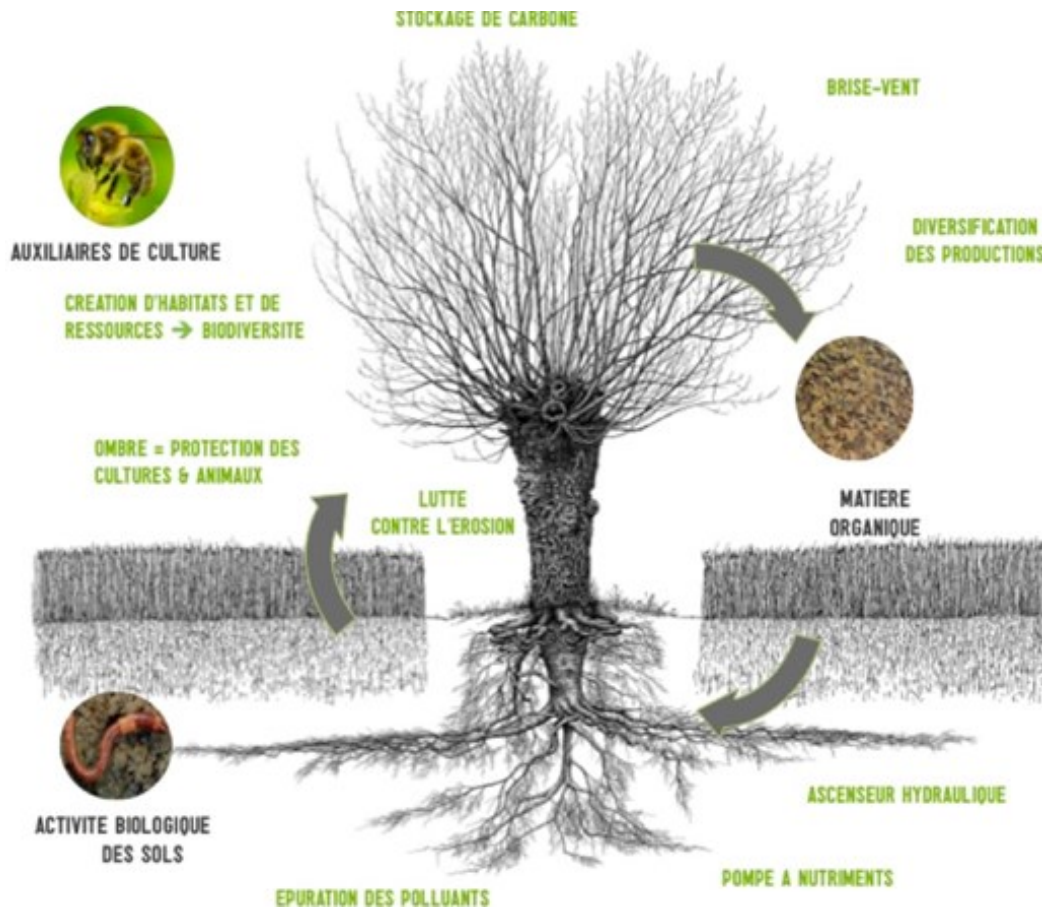
Dans cette section, il sera d'abord fait une introduction à l'agroforesterie (AF) et en quoi celle-ci serait bénéfique à la région à l'étude. Ensuite, il sera montré l'importance d'une sélection intelligente des types de plants à reboiser selon les enjeux présents. Par après, il sera montré la technique de régénération naturelle assistée par les paysans et, finalement, la technique des haies vives arbustives sera exposée. Ces deux dernières techniques seront analysées lors de la septième section de cet essai afin de définir quelles techniques sont les plus appropriées au contexte de la région à l'étude.

### **6.2.1 Introduction au concept d'agroforesterie et à certains types adaptés au contexte malgache**

L'agroforesterie est un concept qui met de l'avant un mode d'exploitation agricole auquel s'intègre la plantation d'arbres ou d'arbustes. L'élevage du bétail peut également s'y ajouter. L'idée est de rétablir les liens qui existent originellement entre les arbres et la terre afin de conserver un sol riche dans lequel pousseront des cultures productives. Les principaux éléments qui affectent l'efficacité de ce concept, pour n'en nommer que quelques-uns, sont les types de cultures et d'arbres sélectionnés, le matériel génétique, les strates végétales, le climat et les aléas climatiques, l'accessibilité à l'eau, la densité d'arbres ainsi que leur répartition. Il existe plusieurs manières de mettre en œuvre ce concept, en fait il faut adapter celui-ci au terrain sur lequel on souhaite l'appliquer. À titre d'exemple, il y a les systèmes de parcs agroforestiers qui se résument à des zones cultivées sur lesquelles sont dispersés des arbres de plusieurs variétés. En plus de jouer divers rôles, comme celui de brise-vent, ces derniers génèrent des microclimats favorables aux cultures. En effet, l'ombre créée par ceux-ci maintient une certaine humidité et fraîcheur au sol. Ce type d'AF est généralement pratiqué dans des régions semi-arides et subhumides d'Afrique de l'Ouest. Le climat de la région à l'étude étant subhumide, celui-ci permet la pratique de cette technique. Celle-ci, en plus de régénérer le sol, permet, après quelques années, de nourrir le bétail et d'obtenir du bois de chauffe. (Organisation des Nations Unies pour le développement et l'agriculture [FAO], s. d.c)

Un second type d'AF est le système multi-étagé. Celui-ci est représenté par différentes strates arbustives qui ont comme utilité de diversifier les cultures sur une même zone grâce aux différentes hauteurs des végétaux. Également, ces strates protègent le sol en plus de créer un microclimat plus clément pour les végétaux qui poussent sur celui-ci. Dans un autre temps, les différents arbres et arbustes recyclent les éléments nutritifs et font en sorte qu'il y a un apport régulier en matière organique dans le sol ce qui

améliore la qualité de celui-ci. La présence d'une telle biomasse augmente la capacité de stockage du carbone. Finalement, toujours après quelques années, il est possible de nourrir le bétail et de fournir du bois de chauffe aux habitants. (FAO, s. d.c) La figure 6.11 exprime le cycle de rétroactions positives présentes dans un système agroforestier.



**Figure 6.11 Cycle de rétroactions positives dans l'agroforesterie** (tiré de : Association française de l'Agroforesterie, s. d.)

Un troisième type d'AF se nomme les banques fourragères. Ce genre d'AF se fait le long des bordures, des voies et des courbes de niveau du sol. Les banques fourragères ne sont pas habituellement implantées à l'intérieur des cultures. Leur rôle est de freiner l'érosion des sols et les différents types d'arbustes fourragers sont utilisés pour nourrir le bétail. (FAO, s. d.c)

Le dernier type d'AF présenté ici se nomme la jachère améliorée. (FAO, s. d.c) La jachère traditionnelle vise à interrompre la culture de parcelles pour une ou plusieurs saisons. Cependant, avec la pression sur les terres agricoles et les autres usages du territoire tel que l'élevage et la coupe de bois pour le bois de

chauffe, en plus du taux de pauvreté de la population, il est de plus en plus difficile de pratiquer cette technique adéquatement. (Debray, 2015)

Le passage de la jachère traditionnelle à celle améliorée peut fournir une solution à certaines de ces problématiques. En effet, les jachères améliorées sont utilisées dans le but de redonner rapidement une fertilité au sol. Les végétaux choisis doivent avoir une croissance rapide afin que le processus se réalise à court terme. Comme pour les types d'AF montrés ci-haut, les végétaux vont remplir des rôles écosystémiques importants en plus de protéger les cultures. Cette façon de faire a un grand potentiel dans les climats tropicaux humides et subhumides. (FAO, s. d.c) Ainsi, cette technique engendre des impacts positifs sur la régénération du sol et les végétaux permettent au bétail de se nourrir en plus de fournir du bois de chauffe. Cependant, cela peut prendre quelques années. Ici, il est important de bien sélectionner des arbres et arbustes à croissance rapide. De plus, le prélèvement des végétaux doit être contrôlé afin qu'il n'y ait pas d'excès. La figure 6.12 représente un site de jachère améliorée.



**Figure 6.12 Jachère améliorée, Burkina Faso** (tiré de : Savadogo et al., 2011, p. 17)

Cela dit, ces quelques exemples témoignent qu'il serait possible et réalisable de faire de l'AF dans un contexte climatique tel que celui de la région à l'étude.

### **6.2.2 Une sélection intelligente et calculée**

Dans toutes activités de reboisement, le choix des arbres est un élément clé dans la réussite du projet. Étant donné les différents usages du territoire malgache et les besoins de la population, il est nécessaire de se pencher sur les choix d'arbres et d'arbustes les plus pertinents à planter afin d'obtenir des résultats optimaux. Précédemment, il a été vu que les sols de la région étaient largement dégradés, de ce fait, il sera présenté des arbres de type fertilitaire. Ensuite, l'élevage a été vu comme une pratique voisine à l'agriculture et, bien que cet essai ne tente pas de répondre aux enjeux liés à l'élevage, il sera présenté des arbres pouvant tout autant servir les fins des agriculteurs que ceux des éleveurs, en plus de répondre aux besoins en bois de chauffe de la population. Enfin, un résumé des plants les plus souvent mis en terre lors des projets de reboisement vus dans la section 5.2. Leçons apprises des projets de reboisement passés sera effectué.

### **Arbres fertilitaires**

Bien que l'ensemble des arbres rendent des services écosystémiques importants, certains types tels que les arbres fertilitaires sont identifiés comme étant plus efficaces dans la régénération des sols. Ceux-ci proviennent souvent de la famille des légumineuses. Ils vont chercher des minéraux (azote, phosphore, potassium, etc.) et de l'eau dans le sol grâce à leurs racines et permettent aux cultures d'en bénéficier. (Association inter-zone pour le développement en milieu rural [AIDMR], s. d.) De ce fait, il serait pertinent de les favoriser lors d'un projet de reboisement dans la région à l'étude. À titre d'exemples, voici certaines espèces qui sont adaptées au climat du Burkina Faso<sup>12</sup> :

- ❖ *Leucena leucocephala*
- ❖ *Gliricidia sepium*
- ❖ *Faidherbia Albida*
- ❖ *Albizia chevalieri*, etc.

### **Arbres permettant différents usages**

Un type d'arbres qui répond à plusieurs enjeux est à promouvoir par rapport à un arbre qui ne répondrait qu'à un seul enjeu. Dans cet ordre d'idées, un arbre qui permet de nourrir, chauffer et fertiliser le sol est

---

<sup>12</sup> Ce pays a été sélectionné en fonction de ses similitudes avec la région à l'étude. Il a un climat qui varie autour de 27 degrés, une saison sèche et une saison des pluies (pluviométrie semblable à la région à l'étude), des ressources naturelles limitées, une économie basée à 80 % sur l'agriculture, une population vivant à 40,1 % sous le seuil de pauvreté national et ses sols sont largement dégradés. (Banque mondiale [BM], 2020b; Ministère de l'Environnement et du cadre de vie, 2007)

à favoriser contrairement à un arbre qui ne permettrait que de fertiliser la terre et de se chauffer. De ce fait, les arbres proposés ici-bas sont sélectionnés spécialement afin de remplir une pluralité de rôles au niveau de l'environnement, du bétail et des humains. Voici certaines essences d'arbres malgaches étant autant favorables à l'agriculteur, à l'éleveur qu'à la population en générale :

- ❖ Le *Moringa* produit une grande quantité de végétaux comestibles ayant d'excellentes qualités nutritives pour le bétail et les humains. Celui-ci est qualifié de superaliment. Sa croissance est rapide et ses feuilles sont riches en protéines, en acides aminés, en fer, en carotène, etc. (Bôndy, 2020)
- ❖ Le *Leucaen leucocephala* produit une biomasse importante, il est un engrais vert hautement utile, sa croissance est rapide et il peut être utilisé comme bois de chauffage. Aussi, les jeunes pousses peuvent servir à la consommation humaine. (Bôndy, 2020)
- ❖ Le *Bambou* a une croissance extrêmement rapide, celui-ci peut être utilisé comme bois énergie, il est excellent dans la lutte contre l'érosion et a une grande capacité de rétention de l'eau. (Bôndy, 2020)
- ❖ L'*Acacia Mangium* pousse sur des terres peu fertiles, il améliore la fertilité du sol et lutte contre l'érosion. Il a une croissance rapide et peut servir pour le bois de chauffe. Ses graines sont comestibles et il peut servir de fourrage. (Bôndy, 2020; Cooke et al., s. d.)
- ❖ L'*Azadirachta indica* a une croissance rapide et est très résistant à la sécheresse. Il est une source de nourriture pour le bétail et il a un enracinement profond qui permet la stabilisation du sol. Il peut aussi servir de bois énergie et il détient une propriété insecticide qui permet de lutter contre les insectes en agriculture. (Bôndy, 2020; Cooke et al., s. d.)

### **Plants les plus souvent mis en terre lors des projets de reboisement passés**

Le tableau 6.2 recense les espèces les plus souvent mises en terre dans les projets décrits à la section 5.2. Leçons apprises des projets de reboisement passés de cet essai. Ce tableau nomme certaines particularités qui visent à guider le choix des végétaux en fonction du contexte dans lequel ils devront évoluer. Par souci de concision, l'ensemble des particularités des végétaux n'ont pas été nommées. De plus amples recherches concernant le choix des végétaux selon les caractéristiques du milieu et les besoins de la population devront être effectuées par tout organisme souhaitant faire des travaux de reboisement et l'expertise d'un spécialiste dans le domaine est fortement suggérée.

**Tableau 6.2 Recensement des essences souvent mises en terre**

Espèces	Notes particulières
<b>Eucalyptus</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Dans la région à l'étude, ils sont fortement touchés par les maladies ou l'invasion des psylles. (JICA, 2018)</li> <li>❖ Possibilité de les planter sur les versants en raison de leur système radicalaire (Andriamisaintsoa, 2017).</li> <li>❖ Possibilité d'obtenir des huiles essentielles anti-inflammatoires grâce aux feuilles (ASMADA, s. d.).</li> <li>❖ Rapidement exploitable et adaptation facile au milieu. (Andriamisaintsoa, 2017)</li> </ul>
<b>Acacia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Peut aider à la croissance de l'eucalyptus. Il est recommandé d'utiliser une méthode intercalaire entre ces deux espèces (JICA, 2018).</li> <li>❖ Rapidement exploitable et adaptation facile (Andriamisaintsoa, 2017).</li> </ul>
<b>Ravensara</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Possibilité d'obtenir des huiles essentielles anti-inflammatoires et antibactériennes grâce aux feuilles.</li> <li>❖ Introuvable en dehors de Madagascar. (ASMADA, s. d.)</li> </ul>
<b>Géraniums</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Possibilité d'obtenir des huiles essentielles. (ASMADA, s. d.)</li> </ul>
<b>Stylosanthes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Ils sont bien adaptés aux sols pauvres (ASMADA, s. d.).</li> </ul>
<b>Pinus</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Rapidement exploitable et adaptation au sol rapide.</li> <li>❖ Résistant aux contraintes du milieu, mais sensible aux feux. (Andriamisaintsoa, 2017)</li> </ul>
<b>Jacaranda</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Croissance rapide</li> <li>❖ Adapté aux sols secs. (Ooreka, s. d)</li> </ul>
<b>Tsitoavina</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Tolère de longues périodes de sécheresse.</li> <li>❖ Peut pousser dans les sols pauvres et rocailleux. (Lisan, s. d.)</li> </ul>

### 6.2.3 Régénération naturelle assistée par les paysans

La régénération naturelle assistée par les paysans (RNAF) est un concept relativement simple d'agroforesterie. En fait, il s'agit de sensibiliser les paysans à l'utilité de ne pas éliminer l'ensemble des arbres d'une zone en particulier (la zone ciblée par le projet). Cela implique de ne pas pratiquer le brûlis sur la surface concernée ou de ne pas couper l'entièreté d'un arbre pour se faire du bois de chauffage. (Liniger, 2011) Les espèces qui serontensemencées dépendent des besoins de la population visée. Par exemple, des arbres fruitiers peuvent être plantés afin de répondre à des besoins nutritionnels, mais il faut

s'assurer que ces arbres conviennent au type de sol et que ceux-ci ne généreront pas de problèmes supplémentaires (plantes envahissantes, maladies, etc.). Cette technique est intéressante ici, car elle permet de conserver immédiatement le peu de végétation qui existe encore dans la région.

La première étape de cette technique est de reconnaître et de sélectionner les arbres qui seront protégés ainsi que de sensibiliser les paysans aux bienfaits de la protection de ceux-ci. Ensuite, il est important de couper les arbres qui ne sont pas sélectionnés (arbres morts, malades, etc.). (Botoni et al., 2010) Par la suite, sur chaque arbre sélectionné, il faut conserver la tige la plus grande et couper les tiges latérales jusqu'à la mi-hauteur de celui-ci. Il est recommandé de laisser les branches et les feuilles coupées sur le sol afin qu'elles offrent un minimum de protection à celui-ci. Cet entretien va stimuler la croissance de l'arbre. Néanmoins, il est essentiel de s'assurer de couper seulement ce qu'il est nécessaire pour relancer la croissance de l'arbre sans nuire à ses chances de survie. En guise d'entretien, il est suggéré que les paysans taillent les tiges et les pousses tous les deux, six ou douze mois selon la croissance des végétaux. Cette action a pour but de stimuler la croissance et de conserver les branches de meilleure qualité. Le principal outil nécessaire est une machette ou tout outil qui peut remplir la fonction de tailler des branches. (Liniger, 2011) Afin d'optimiser les résultats sur le couvert végétal, des ensemencements par semis direct peuvent être faits. (Botoni et al., 2010) Ce dernier point n'est pas obligatoire dans la RNAF, cependant, en raison de la couverture forestière de la région à l'étude qui est quasiment nulle, cette technique n'aura pas d'effet significatif durable si aucun plant n'est reboisé annuellement. En ce sens, dans le cadre de cet essai, le reboisement par plantation ou par ensemencement sera vu comme une étape dans la réalisation de la RNAF. Donc, lors de l'analyse multicritère, la technique sera évaluée en tenant compte de la nécessité de reboiser annuellement des plants ou des semences.

En termes d'avantages, cette technique est relativement simple et ne demande pas une grande formation des locaux. Elle n'est pas coûteuse et résiste bien aux aléas climatiques, puisqu'il s'agit de végétaux indigènes de la zone choisie. De plus, en permettant à la végétation endémique de se régénérer, celle-ci, au bout de quelques années, favorise la régénération du couvert végétal de la région. Au bout de quatre à cinq ans, elle peut aussi permettre aux paysans d'obtenir du bois de chauffe et peut contribuer à nourrir le bétail, bien que ces activités doivent être contrôlées. Encore, si des essences fruitières sont plantées, celles-ci peuvent répondre à des enjeux alimentaires au sein de la population. Enfin, les arbres remplissent de nombreux rôles écologiques, et ce, même si ces derniers sont dispersés sur le territoire. (Liniger, 2011; Botoni et al., 2010; Nimpagaritse, 2019)



Les inconvénients de cette méthode sont liés à la faible quantité initiale d'arbres qui peut se trouver sur la superficie sélectionnée ainsi qu'aux dangers pouvant être engendrés (coupe des arbres, feux de brousse, etc.) par la population non informée et qui ne participerait pas au processus. De plus, les résultats de ce travail sont vus après de nombreuses années, notamment dans les zones où la couverture végétale est très faible ce qui peut décourager, à court terme, les locaux. (Liniger, 2011) Finalement, si des arbres sont plantés chaque année afin d'optimiser les résultats, cela signifie un coût annuel pour l'achat de plants ou de semences.

#### **6.2.4 Haies vives arbustives**

La haie vive est une technique agroforestière qui consiste à créer une haie végétale dense de façon linéaire. Cela peut être pour délimiter une propriété, pour protéger un champ des aléas climatiques ou du bétail ou encore pour reverdir une zone. Bref, elle peut avoir de multiples fonctions et elle est définie par le type de végétaux qui la constitue. (Yossi et al., 2006) La haie vive arbustive a comme avantages de renforcer la structure du sol, de limiter les effets de l'érosion, de favoriser l'infiltration de l'eau et de recycler les nutriments du sol. Au niveau social, en fonction du type de végétaux plantés, celle-ci peut fournir du paillage, du bois de chauffage, des fruits pour les habitants et peut aussi nourrir le bétail. Enfin, les haies sont plus efficaces si elles sont associées à d'autres techniques telles que les diguettes filtrantes et les terrasses. (Roose et al., 2017) La figure 6.13 montre un exemple de haie vive arbustive.



**Figure 6.13 Haie vive dans la région de Zinder au Niger** (tiré de : Mana Koudoussou, 2018, p. 5)

D'abord, pour mettre en place une haie, il est recommandé d'installer les plants en suivant les courbes de niveau du sol. (Roose et al., 2017) Afin de créer une haie, il faut préalablement choisir les végétaux qui seront plantés en fonction des rôles qu'ils doivent remplir. Par exemple, si l'objectif est de nourrir la population, il faut favoriser les arbres fruitiers. Si le but est de régénérer le sol, le choix des espèces est moins crucial, même si certaines sont plus efficaces que d'autres. À titre d'exemple, le *Cajanus* est une espèce végétale qui est plantée dans le sud de Madagascar et qui sert de brise-vent. Il a également des racines profondes qui favorisent la fertilité du sol et ses graines sont comestibles. (Debray, 2015) Dans ce même ordre d'idées, les *Uapaca sp.* sont des arbres ayant une bonne résistance au feu. En raison des feux de brousse courants dans la région, ce type d'arbres pourrait contribuer à réduire la déforestation induite par le feu. (Ministère de l'Environnement, des Eaux et Forêts [MINENVEF] et Agence Japonaise de Coopération Internationale [JICA], 2003)

Ensuite, il faut créer environ deux à trois lignes d'arbres ou d'arbustes (pour un plus grand reboisement, il peut y en avoir davantage). Pour se faire, les paysans peuvent creuser des trous par intervalles et disposer trois à quatre graines par trous pour augmenter les chances de réussite. Il est suggéré d'appliquer du paillage sur la surface nouvellementensemencée afin de protéger les plants et de leur fournir des nutriments. Il faut également savoir que les plants élevés en pépinière sont à favoriser, car ils ont déjà passé les premiers stades de croissance et ont de bien meilleures chances de survie que les graines. Au niveau de la distance entre les plants, celle-ci varie en fonction des végétaux plantés. Il faut s'assurer que ceux-ci aient suffisamment de place pour croître sans qu'une partie du sol soit constamment exposée au soleil. (Yossi et al., 2006)

Au bout de quelques années, toujours en fonction des arbres et arbustes choisis, la haie va nécessiter un entretien afin de ne pas empiéter démesurément sur les cultures annuelles. Cet entretien peut être problématique si la haie est trop large et que les paysans ne sont plus en mesure de la contrôler. De plus, ils doivent disposer des outils nécessaires. En effet, l'outil le plus commun est le sécateur, toutefois celui-ci est coûteux et n'est pas à la disposition de tous les paysans. (Roose et al., 2017) Dans cette situation, une haie moins large composée de plus petits arbustes qui peuvent facilement être taillés avec une machette serait davantage appropriée.

Les inconvénients concernant cette technique se situent au niveau de l'entretien de la haie, celui-ci nécessite des outils tels que le sécateur qui peuvent être onéreux. Également, afin de former la haie, il faut acheter des plants et faire un suivi de ceux-ci afin de s'assurer de leur bonne croissance. Le manque

d'eau peut également être problématique pour la croissance des plants, en ce sens, le choix de ceux-ci doit se faire en fonction des conditions du milieu. Finalement, une haie nécessitera quelques années avant d'avoir atteint la maturité. (Yossi et al., 2006)

## **7. ANALYSE MULTICRITÈRE ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS**

Cette section vise à répondre au quatrième sous-objectif de cette étude qui est d'analyser la pertinence des nouvelles techniques de conservation des sols et de reboisement en fonction des conditions découlant du contexte malgache. Ainsi, afin de comparer l'applicabilité des techniques agricoles et de reboisement potentielles, une stratégie d'analyse multicritère a été élaborée. Le choix des critères utilisés dans l'analyse est tout d'abord explicité par la définition et la justification de chacun. Ensuite, le système d'évaluation des critères qui a été développé afin de pouvoir évaluer adéquatement les techniques est expliqué. Par après, l'analyse multicritère sera effectuée. Enfin, des interprétations spécifiques et globales seront faites.

### **7.1 Choix des critères d'analyse**

De manière générale, les critères ont été formulés à partir des enjeux prioritaires de conservation des sols et de reboisement propres au contexte malgache qui ont été identifiés dans le cadre de la présente étude. Les critères retenus pour l'analyse comparative couvrent les dimensions sociales, environnementales, économiques et de gouvernance. Ceux-ci sont définis et justifiés dans le tableau 7.1 ci-après.

**Tableau 7.1 Définitions et justifications des critères de l'analyse multicritère**

Critère	Définition	Justification
<b>Diversification des bénéfices</b>	Ce critère fait référence aux multiples bénéfices pour la population qui sont relatifs à l'agriculture et au reboisement. Plus une technique a des bénéfices à différents niveaux, plus celle-ci a de chances d'être adoptée. Ici, le bénéfice relatif au secteur agricole est la contribution aux besoins alimentaires de la population. Ensuite, concernant l'élevage, les besoins alimentaires du bétail sont une priorité. Enfin, la coupe forestière pour les besoins en bois de chauffe a été identifiée comme problématique dans le reboisement. Ainsi, les techniques proposées devront tenir compte de ces différents éléments et fournir minimalement deux bénéfices.	Dans la région à l'étude, l'agriculture a été identifiée comme répondant de manière insuffisante aux besoins alimentaires de la population. En fait, le pourcentage des ménages ayant un niveau de consommation pauvre ou limité se situe entre 50 et 60 %. (PAM, 2014) L'élevage est aussi une activité importante de la région et l'alimentation du bétail a été notée comme pouvant être problématique. De plus, les coupes forestières pour le bois de chauffe ont été relevées comme une activité fortement pratiquée et nuisant à la conservation de la ressource végétale. La technique devra tenter de répondre à ces besoins afin que les pressions sur les ressources naturelles soient moins grandes.
<b>Conservation des sols</b>	Ce critère se définit par la contribution d'une technique au maintien de la capacité d'un sol à remplir son rôle écosystémique et à conserver sa productivité tout en assurant la santé des végétaux et des animaux. (Coll et al., 2012)	Le sol de la région est dégradé, notamment sur les <i>tanety</i> . Cette dégradation se voit par le manque de matière organique sur ceux-ci, mais aussi par l'érosion qui emporte les éléments nutritifs du sol. Le sol des bas-fonds est plus riche en nutriments, cependant ceux-ci sont victimes d'ensablement (PNUE, 2019). Il est nécessaire d'élaborer des techniques qui assurent la conservation des sols et, à plus grande échelle, la régénération de ceux-ci afin d'éviter la formation future de <i>lavakas</i> .
<b>Résilience aux aléas climatiques</b>	La résistance aux aléas climatiques fait référence à la capacité d'une technique d'être résiliente face aux éléments climatiques (pluies, sécheresses, catastrophes naturelles, etc.). Les techniques promues doivent résister aux rigueurs du climat.	La région à l'étude a un climat de type subhumide avec une période de pluies et une période sèche. Ces deux saisons présentent différentes pressions pour l'environnement (sécheresses, inondations). L'irrégularité des pluies représente également un enjeu, il est donc nécessaire que les techniques trouvées soient résilientes aux aléas climatiques ainsi qu'à leur irrégularité. (CAPFIDA, 2006)

**Tableau 7.1 Définitions et justifications des critères de l'analyse multicritère (suite)**

Critère	Définition	Justification
<b>Préservation et amélioration de la ressource en eau</b>	La technique utilisée doit favoriser la préservation de la qualité des sources d'eau existantes et permettre une diminution de son utilisation pour les cultures, notamment, en favorisant la rétention de l'eau dans le sol.	Les sources d'eau de la région subissent plusieurs pressions en raison des feux de brousse, de l'agriculture, du déboisement, de la déviation de l'eau, etc. Il est donc nécessaire de préserver la qualité de cette ressource. Également, les systèmes d'irrigation sont vétustes, il est donc nécessaire de diminuer les besoins en irrigation des cultures. (Commission Justice et Paix et Diocèses Tsiroanomandidy et Melaky, 2019)
<b>Régénération du couvert végétal</b>	La régénération du couvert végétal fait référence à l'importance de ne pas éliminer davantage de surfaces végétales afin de les transformer en terres agricoles. Également, ce critère insiste sur l'importance de ne pas seulement conserver la surface végétale actuelle, mais bien de l'augmenter.	Le couvert forestier de la région est très faible et, de ce fait, il en résulte plusieurs problématiques (érosion, dégradation de sols). (PNUE, 2019) La régénération de celui-ci est primordiale afin d'obtenir des résultats durables.
<b>Facilité d'appropriation de la technique</b>	Ce critère se définit par le degré de facilité avec lequel un individu peut s'approprier une technique. De ce fait, cette dernière doit être compréhensible par un ensemble d'individus et non par des experts uniquement. Ainsi, le taux de complexité d'une technique influence grandement sa compréhension par la population. Plus la technique est complexe, plus la population aura de la difficulté à la comprendre et moins grandes seront les chances que celle-ci se l'approprie et l'utilise.	Le faible taux de scolarisation affecte le degré de spécialisation agricole de la population. (INSTAT, 2013b) Le fonctionnement d'une technique agricole doit être facilement assimilable par la population afin que celle-ci se l'approprie et puisse être autonome.

**Tableau 7.1 Définitions et justifications des critères de l'analyse multicritère (suite)**

Critère	Définition	Justification
<b>Faible nécessité en intrants agricoles</b>	La faible nécessité en intrants agricoles est une notion qui fait référence à la capacité matérielle des paysans. En fait, les techniques devront reposer sur des ressources endogènes qui se trouvent à la disposition des paysans. Celles-ci ne devront pas reposer sur des intrants agricoles devant être achetés ou étant difficiles à se procurer par le paysan.	Les ressources matérielles des paysans se résumant à quelques accessoires manuels et parfois à des zébus, les techniques proposées devront concorder avec ces ressources. (Raharison, 2016) De plus, l'accès aux intrants agricoles étant difficile et restreint, les nouvelles techniques ne devront pas excéder la capacité des paysans à se procurer ces intrants ou créer une dépendance envers ceux-ci. (BM, 2016)

## 7.2 Système d'évaluation de l'analyse

Le système d'évaluation utilisé est basé sur une échelle semi-quantitative dont les valeurs vont de 0 à 4 et se définissent comme suit :

0 : La technique proposée n'a aucun effet sur le critère, et ce, autant à court qu'à long terme.

1 : La technique proposée a un faible effet positif sur le critère, et ce, à long terme.

2 : La technique proposée a un fort effet positif sur le critère, et ce, à long terme.

3 : La technique proposée a un faible effet positif sur le critère, et ce, à court terme.

4 : La technique proposée a un fort effet positif sur le critère, et ce, à court terme.

Plus précisément, la notion de court terme fait référence à quelques semaines ou quelques mois alors que la notion de long terme fait référence à quelques années. Dans la présente situation, le court terme a un meilleur pointage que le long terme, puisque la situation alimentaire et économique des paysans malgaches ne leur permet pas d'attendre plusieurs années avant de pouvoir observer les premiers bénéfices des techniques suggérées.

Également, les techniques seront évaluées selon leur potentiel final. C'est-à-dire qu'elles seront évaluées en fonction des résultats qu'elles procurent lorsqu'elles sont achevées. À titre d'exemple, dès que les plants qui forment la haie vive arbustive sont plantés, ceux-ci engendrent presque immédiatement des bénéfices sur le sol, toutefois la technique des haies vives ne sera pas évaluée en fonction des bénéfices immédiats. Celle-ci sera évaluée en fonction des effets qu'elle engendre une fois mature. Ainsi, concernant la notion de temporalité les techniques seront évaluées selon les effets qu'elles procurent lorsqu'elles ont atteint leur plein potentiel soit à court terme ou à long terme.

De plus, la notion d'effets correspond à des répercussions directes de la technique sur le critère. Par exemple, la culture sur paillis a un effet direct sur la régénération du sol, mais elle a également un effet indirect sur la régénération du couvert végétal, puisqu'elle permet la protection du sol. Une fois protégé par le paillis, le sol a de fortes chances de, naturellement, se reconstituer une couverture végétale. Dans ce cas-ci, les effets sur le couvert végétal ne seront pas comptabilisés, car ils sont indirects et dépendent d'éléments non analysés dans ce présent travail.



Par ailleurs, un faible effet positif se définit par une technique qui procurerait aux paysans des avantages dont ils ne disposaient pas auparavant, cependant ces derniers seront moindres et limités. C'est-à-dire que ces avantages amélioreraient une partie du quotidien des Malgaches, mais, à eux seuls, ne permettraient pas de sortir les paysans du cycle de la faim et de la dégradation des terres. Au contraire, un fort effet positif représente une technique qui fournirait de nombreux avantages importants aux paysans ce qui permettrait à ceux-ci de sortir de ce cycle. De plus, pour différencier la notion de faible et de fort, il sera noté les éléments qui agissent comme des contraintes ou qui viennent s'opposer à la réalisation complète du critère. Ces éléments peuvent se traduire par une réticence culturelle de la part du paysan, par un manque de moyens matériels, par la complexité d'une technique, etc. Ces « contraintes » influenceront négativement le pointage accordé à une technique. Enfin, les concepts de diffus et de ponctuel seront utilisés afin d'indiquer la portée de l'effet. Un effet ponctuel sera ressenti seulement sur une partie de la parcelle agricole, tandis qu'un effet diffus couvrira l'ensemble de celle-ci. Bref, un effet ponctuel est concentré dans une zone alors que l'effet diffus est généralisé à tout le champ.

Enfin, l'analyse et l'interprétation des résultats spécifiques à chacun des critères, et ce, pour chaque technique, de même que les résultats globaux pour chacune de celles-ci, permettront de comparer entre elles les techniques. Précisons que les résultats spécifiques et globaux obtenus pour chacun des critères et chacune des techniques n'ont pas de valeur absolue, mais plutôt relative afin de comparer les techniques les unes avec les autres.

### **7.3 Analyse multicritère des techniques potentielles et interprétation des résultats**

Les résultats de l'analyse multicritère sont présentés sous forme de tableau. Chaque critère est évalué pour chacune des techniques et l'évaluation est justifiée. Afin de pouvoir comparer les techniques aisément, l'analyse sera divisée en deux parties. Cette division permet d'analyser dans un même tableau l'ensemble des techniques de façon succincte. Par souci de concision, le premier tableau analysera les techniques selon trois critères et le second selon quatre critères. Également, certaines cellules des tableaux de l'analyse peuvent être fusionnées lorsque la justification et la note accordée pour un même critère sont les mêmes pour plusieurs techniques.

La première section analysera les critères de diversification des bénéfices, de conservation des sols et de résilience aux aléas climatiques. Ensuite, une interprétation spécifique des résultats de ces trois critères sera faite. La seconde section analysera les critères de préservation et amélioration de la ressource en eau, de régénération du couvert végétal, de facilité d'appropriation de la technique et, enfin, de faible nécessité

en intrants agricoles. Une interprétation spécifique des résultats de ces quatre critères sera réalisée. Finalement, une interprétation globale regroupant l'ensemble des critères, et ce, pour chacune des techniques, sera présentée.

Le tableau 7.2 correspond à la première partie de l’analyse. L’ensemble des techniques seront analysées en fonction des critères ci-dessous.

Tableau 7.2 Analyse multicritère première partie

Techniques potentielles/Critères	Diversification des bénéfices	Conservation des sols	Résilience aux aléas climatiques
Paillage	La technique n’est pas une source d’alimentation pour le bétail ou pour les paysans. Elle ne fournit pas non plus du bois de chauffe. <b>Valeur = 0</b>	Une fois le paillis mis sur le sol, celui-ci commence directement à protéger contre l’érosion hydrique et éolienne, il permet au sol de conserver une certaine humidité et est une source importante de carbone (paillis végétal) qui contribue à nourrir les micro-organismes du sol. La technique favorise la fertilisation du sol et augmente la matière organique dans celui-ci. Elle limite l’ensablement des bas-fonds. L’effet est diffus, puisque le paillis est étendu sur l’ensemble de la surface. (Georges, 2015) <b>Valeur = 4</b>	Une fois le paillis étendu, celui-ci agit sur l’humidité au sol et favorise l’infiltration de l’eau ce qui rend le sol plus résistant à la sécheresse. La capacité d’absorption de l’eau est plus élevée lors de fortes averses contrairement à si le sol était à nu. (Georges, 2015; Montoroi, 2012) De plus, l’effet est diffus, puisque le paillis est étendu sur l’ensemble de la parcelle. <b>Valeur = 4</b>
Plantes de couverture	En fonction des types de végétaux choisis, certains peuvent être une source d’alimentation pour les paysans. Cependant, cette technique n’offre aucune possibilité concernant le bois de chauffe ni pour l’alimentation du bétail. <b>Valeur = 0</b>	La technique permet de conserver une certaine humidité au sol, réduit les risques d’érosion et diminue les pertes de terre, ce qui limite l’ensablement des bas-fonds. Elle favorise la fertilisation du sol, son oxygénation, augmente la quantité de matière organique et favorise la structure du sol. (FAO, s. d.b; Seguy et al., 2009) L’effet maximal sur le sol n’est souvent qu’après quelques années et l’effet est diffus, car la technique couvre l’ensemble du champ agricole (Naudin et al., 2018). <b>Valeur = 2</b>	Dès que les racines des végétaux commencent à croître, celles-ci absorbent l’eau, ce processus se fait donc à court terme. (Bergeron, 2020) Ainsi, ceux-ci favorisent l’infiltration de l’eau dans le sol, lors de fortes averses bien que leur capacité soit limitée (Montoroi, 2012). Néanmoins, certains végétaux sont plus efficaces que d’autres et certaines variétés supportent bien les inondations alors que d’autres non. (Husson et al., 2015) De façon générale, la technique permet la conservation d’une bonne humidité au sol et donc une meilleure résistance à la sécheresse. (FAO, s. d.b; Wager, 2017) L’effet est diffus sur la parcelle agricole, car les plantes de couverture couvrent l’ensemble du champ agricole. <b>Valeur = 3</b>
Semis direct sous couverture végétale permanente (SCV)		La technique est favorable à l’activité microbienne du sol, à sa fertilisation et à son oxygénation. Elle permet une meilleure structure de celui-ci et encourage le recyclage des éléments nutritifs. De plus, la couverture permanente augmente la matière organique au sol, permet à l’eau de s’infiltrer, réduit les risques d’érosion ainsi que l’ensablement des bas-fonds. Grâce à la couverture végétale permanente, les effets sur le sol sont rapidement ressentis. (Seguy et al., 2009) <b>Valeur = 4</b>	

Techniques potentielles/Critères	Diversification des bénéfices	Conservation des sols	Résilience aux aléas climatiques
<b>Rotation des cultures</b>	La technique permet l’alternance de plusieurs cultures et donc une plus grande diversité de l’alimentation humaine. (FAO, 2016) Toutefois, cette technique n’a pas d’influence sur le bétail, sauf si certaines cultures sont destinées directement à celui-ci, ce qui est peu probable. Elle n’a pas d’influence sur le bois de chauffe. Celle-ci n’offre qu’un seul bénéfice, soit la diversification de l’alimentation humaine. <b>Valeur = 0</b>	La technique augmente la biodiversité dans le sol (Rakotorahalahy, 2018). Elle permet l'enrichissement, la fertilisation ainsi que l’oxygénation du sol. Elle engendre une meilleure structure du sol. Elle diminue les risques d’érosion. La technique prend quelques années avant de montrer des résultats importants et son effet est diffus sur la parcelle agricole, puisque la technique est appliquée sur l’ensemble du champ. (Liniger et al., 2011) <b>Valeur = 2</b>	Dès que les racines des végétaux commencent à croître, celles-ci absorbent l’eau, ce processus se fait donc à court terme. (Bergeron, 2020) Lors de la saison de culture, les végétaux contribuent à retenir l’eau dans le sol ce qui les rend plus résistants à la sécheresse et la couverture ponctuelle permet une bonne absorption de l’eau lors de fortes averses, même si la capacité est limitée. L’effet est ponctuel sur la parcelle agricole, puisque la technique devrait être appliquée sur l’ensemble du champ. (Liniger et al., 2011) <b>Valeur = 3</b>
<b>Bandes herbacées</b>	Dépendamment de ce qui est planté dans les bandes, celles-ci peuvent être une source nouvelle d’alimentation en quelques semaines/mois, toutefois le but de cette technique n’est pas de récolter les végétaux, au contraire ceux-ci doivent être laissés sur place afin de favoriser la régénération du sol. Les végétaux de la bande peuvent servir à nourrir le bétail, mais une surveillance doit être faite. Enfin, la technique n’a pas d’impact sur le bois de chauffe. (Liniger et al., 2011; Roose et al., 2017) <b>Valeur = 3</b>	La technique a une grande capacité de réduction du ruissellement, elle permet la réduction de la perte de terre et limite l’ensablement des bas-fonds. (FAO, s. d.b) Elle permet la conservation d’une humidité au sol et favorise l'infiltration de l’eau dans le sol. De plus, elle recycle les nutriments, fertilise le sol, permet une meilleure oxygénation de celui-ci et augmente la matière organique dans le sol. Cependant, son effet est ponctuel sur la parcelle agricole, puisque les effets sont majoritairement concentrés autour de la bande. (Liniger et al., 2011; Roose et al., 2017) <b>Valeur = 3</b>	Dès que les racines des végétaux commencent à croître, celles-ci absorbent l’eau, ce processus se fait donc à court terme. (Bergeron, 2020) L’efficacité dépendant de la grosseur de la bande. (FAO, s. d.b). Elle retient l’eau dans le sol ce qui permet à celui-ci de mieux résister aux sécheresses. La capacité de la technique à retenir l’eau lors de fortes averses est bonne et, lors d’inondation, elle permet une meilleure infiltration de l’eau. (Liniger et al., 2011) Cependant, son effet est ponctuel sur la parcelle agricole, puisque les effets sont majoritairement concentrés autour de la bande. <b>Valeur = 3</b>
<b>Bandes riveraines</b>	Dépendamment de ce qui est planté dans les bandes, celles-ci peuvent être une source nouvelle d’alimentation, toutefois le but de cette technique n’est pas de récolter les végétaux, au contraire ceux-ci doivent être laissés sur place afin de remplir leur rôle de conservation des sols. (Savadoogo et al., 2011) S’il y a suffisamment d’arbres et d’arbustes dans la bande, ceux-ci peuvent être utilisés pour	Ces bandes ont une grande capacité de réduction du ruissellement. Elles permettent de réduire la perte de terre et offrent un meilleur soutien au sol. Elles permettent de conserver une humidité au sol et favorisent l'infiltration de l’eau dans le sol. La technique permet le recyclage des nutriments et la fertilisation du sol, elle permet une meilleure oxygénation du sol et augmente la matière organique dans celui-ci. La croissance des différentes strates de végétaux de la	L’efficacité dépend de la grosseur de la bande riveraine. Elle retient l’eau dans le sol, celui-ci résiste mieux aux sécheresses. La technique a une bonne capacité à retenir l’eau des fortes averses. Lors d’inondations, elle permet une meilleure infiltration de l’eau dans le sol. La croissance des différentes strates de végétaux de la bande prend plusieurs mois et années. De plus, son effet est ponctuel (le long du

Techniques potentielles/Critères	Diversification des bénéfices	Conservation des sols	Résilience aux aléas climatiques
	le bois de chauffe sans qu'il y ait d'excès. Aussi, le bétail peut se nourrir des végétaux de la bande sans qu'il y ait d'abus. Avant que les plants soient matures, cela peut prendre plusieurs années (Nimpagaritse, 2019). <b>Valeur = 1</b>	bande prend plusieurs mois et années. Cependant, son effet est ponctuel (le long du cours d'eau). (Savado et al., 2011; FIHOQ, 2013) <b>Valeur = 2</b>	cours d'eau). (Savado et al., 2011; FIHOQ, 2013) <b>Valeur = 2</b>
<b>Terrasses</b>	Si des arbres fruitiers sont plantés, ceux-ci peuvent fournir une nouvelle source d'aliments, servir à nourrir le bétail et être utilisés pour le bois de chauffe. Cependant, ceux-ci vont nécessiter plusieurs années avant d'être pleinement effectifs (Nimpagaritse, 2019). <b>Valeur = 2</b>	La technique permet une meilleure infiltration de l'eau dans le sol, elle permet de diminuer le ruissellement et la perte de terre, donc, elle empêche l'ensablement des bas-fonds. Elle augmente la stabilité du sol et sa profondeur. Elle permet la fertilisation du sol grâce aux végétaux plantés dans les fossés. (Rakotomavo, 2017) Cette technique prend plusieurs années à mettre en branle, mais les effets se font ressentir sur l'ensemble de la parcelle. (Liniger et al., 2011) <b>Valeur = 2</b>	Elle résiste très bien aux fortes averses et favorise l'infiltration de l'eau dans le sol. L'humidité créée par les végétaux permet de mieux résister aux sécheresses. (Rakotomavo, 2017) Cette technique prend plusieurs années à mettre en branle, mais les effets se font ressentir sur l'ensemble de la parcelle. (Liniger et al., 2011) <b>Valeur = 2</b>
<b>Diguettes</b>	Les techniques ne sont pas une source d'alimentation pour le bétail ou pour les paysans. Elles ne fournissent pas non plus du bois de chauffe. <b>Valeur = 0</b>	La technique diminue l'érosion, retient les sédiments, limite la perte de terres et empêche l'ensablement des bas-fonds. Également, elle favorise l'infiltration de l'eau dans le sol et augmente l'humidité au sol. (GIZ, 2012) La diguette diminue l'érosion et la perte de terre sur l'ensemble de la parcelle agricole (effet diffus). <b>Valeur = 3</b>	La technique résiste très bien aux pluies intenses. En périodes de sécheresse, le sol qui a absorbé plus d'eau résiste mieux. (GIZ, 2012) Les effets sont ressentis dès que la diguette est créée. <b>Valeur = 3</b>
<b>Compostage</b>		La technique augmente la quantité d'éléments nutritifs disponibles dans le sol, accroît la biodiversité du sol qui participe à la fertilisation de celui-ci et bonifie sa structure. Elle augmente la quantité de matière organique au sol, favorise l'infiltration ce qui limite le ruissellement et la perte de terre. Ainsi, l'ensablement des bas-fonds est limité. Son effet est diffus et rapide, car le compost/lombricompost est étendu sur toute la parcelle et ses effets se ressentent en quelques semaines à quelques mois. (Misra et al., 2005; Ralaivoavy, 2018; Chaoui, 2019; FAO, s. d.) <b>Valeur = 4</b>	La technique favorise l'infiltration de l'eau, en plus d'augmenter la quantité de matière organique au sol ce qui rend celui-ci plus résistant aux sécheresses. Dans cette même logique, lors des pluies intenses, le sol va retenir plus d'eau que si celui-ci n'était pas couvert de compost. Son effet est diffus et rapide, car le compost/lombricompost est étendu sur toute la parcelle et ses effets se ressentent en quelques semaines à quelques mois. (Misra et al., 2005) <b>Valeur = 3</b>
<b>Lombricompostage</b>			

Techniques potentielles/Critères	Diversification des bénéfices	Conservation des sols	Résilience aux aléas climatiques
Régénération naturelle assistée par les paysans	<p>Au bout de quelques années, la technique produira de la nourriture pour le bétail ainsi que du bois de chauffe. Aussi, selon les arbres plantés, les fruits peuvent être une source alimentaire pour la population. Toutefois, avant qu'un arbre soit mature ou produise des fruits, il faut souvent quelques années. (Liniger, 2011; Botoni et al., 2010; Roose et al., 2017; Nimpagaritse, 2019) <b>Valeur = 2</b></p>	<p>Conservation ou régénération du sol sur des zones dispersées, en fonction d'où sont les arbres (effet ponctuel). La technique améliore la structure du sol, elle permet une meilleure infiltration et rétention de l'eau. Elle favorise l'oxygénation du sol et augmente la biodiversité dans celui-ci, mais son potentiel de réalisation est atteint seulement après quelques années. (Liniger, 2011; Botoni et al., 2010) <b>Valeur = 2</b></p>	<p>Les arbres sont indigènes, donc ils sont habitués au climat de la région. Aussi, l'augmentation de l'humidité au sol et la création d'ombre permettent une meilleure résistance du sol en période de sécheresse. La capacité d'absorption de l'eau lors d'averses est également plus grande. Avant d'avoir suffisamment d'arbres ou que ceux-ci soient matures, cela peut prendre quelques années et l'effet est ponctuel (majoritairement où se trouvent les arbres). (Liniger, 2011; Botoni et al., 2010; Roose et al., 2017) <b>Valeur = 2</b></p>
Haies vives arbustives		<p>La technique renforce la structure du sol, limite les effets de l'érosion, favorise l'infiltration de l'eau dans le sol. Elle recycle les nutriments du sol, permet une plus grande humidité au sol et augmente la biodiversité dans le sol. La haie nécessite quelques années avant d'être mature et a un effet ponctuel sur la surface agricole (régénération marquée du sol seulement autour de la haie). (Roose et al., 2017) <b>Valeur = 2</b></p>	

Le tableau 7.3 montre le pointage accordé à chaque technique selon les trois critères d’évaluation de cette première partie de l’analyse multicritère.

Tableau 7.3 Interprétation sommaire des résultats de l’analyse - première partie

<div>Critères</div> <div>Techniques potentielles</div>	Paillage	Plantes de couverture	Semis direct sous couverture végétale permanente	Rotation des cultures	Bandes herbacées	Bandes riveraines	Terrasses	Diguettes	Compostage	Lombricompostage	Régénération naturelle assistée par les paysans	Haies vives arbustives
Diversification des bénéfices	0	0	0	0	3	1	2	0	0	0	2	2
Conservation des sols	4	2	4	2	3	2	2	3	4	4	2	2
Résilience aux aléas climatiques	4	3	4	3	3	2	2	3	3	3	2	2

Selon les résultats obtenus ci-dessus, il est possible de voir que seule la technique des bandes herbacées a obtenu un pointage de 3 pour le critère de diversification des bénéfices, ce qui signifie que celle-ci a un faible effet positif sur le critère, mais celui-ci est à court terme. Tandis que la technique des haies vives arbustives, celle de la RNAF et celle des terrasses ont obtenu un pointage de 2. Ces dernières ayant donc un fort effet positif sur le critère, mais seulement après plus d’une année (long terme). La bande riveraine a obtenu la note de 1, celle-ci n'a donc qu’un faible effet positif sur le critère, et ce, seulement à long terme. Les autres techniques ont obtenu la valeur de 0, celles-ci n’ont donc aucun effet positif sur le critère de diversification de bénéfices. En effet, le paillage, les diguettes, le compostage ainsi que le lombricompostage procurent des avantages au sol, mais n’en offrent aucun pour l’alimentation humaine ou celle du bétail ni pour le bois de chauffe, alors que les plantes de couverture, le SCV et la rotation des cultures n’ont qu’un impact sur l’alimentation humaine.

Ensuite, il est possible de voir qu’au niveau de la conservation des sols, le paillage, le SCV, le compostage ainsi que le lombricompostage ont obtenu la note de 4, ce qui signifie que ces techniques ont un fort effet positif sur le critère, et ce, à court terme. Les bandes riveraines ainsi que les diguettes ont obtenu la note de 3 pour ce même critère, celles-ci ont donc un faible effet positif à court terme sur celui-ci. L’ensemble des autres techniques ont obtenu la note de 2, ce qui signifie que celles-ci ont un fort effet positif sur le critère, mais seulement à long terme. Effectivement, les plantes de couverture et la rotation des cultures engendrent de grands effets, mais ceux-ci ne sont pleinement ressentis qu’après quelques saisons de cultures. Dans ce même ordre d’idées, les bandes riveraines, la RNAF, les haies vives arbustives ainsi que les terrasses peuvent être formées de plantes à croissance rapide, mais sont davantage formées d’arbres qui prennent quelques années à croître et c'est seulement après celles-ci que les effets sur la conservation du sol sont à leur maximum. Ici, l'aménagement des terrasses est visé en raison des végétaux qui devraient être plantés dans les fossés.

Concernant le critère de résistance aux aléas climatiques, il est noté que la culture sur paillis et le SCV ont un fort effet positif sur le critère (note de 4), et ce, à court terme. Les plantes de couverture, la rotation des cultures, les bandes herbacées, les diguettes, le compostage ainsi que le lombricompostage ont, pour

leur part, obtenu la valeur de 3. Ce pointage signifie que ces techniques ont aussi des effets à court terme, mais que ceux-ci sont moindres. Enfin, les bandes riveraines, les terrasses, la RNAF ainsi que les haies vives arbustives ont eu la note de 2. Donc, elles ont un fort effet positif sur le critère, mais seulement à long terme.



Le tableau 7.4 correspond à la seconde partie de l’analyse. L’ensemble des techniques seront analysées en fonction des critères ci-dessous.

Tableau 7.4 Analyse multicritère seconde partie

Techniques potentielles/Critères	Préservation et amélioration de la ressource en eau	Régénération du couvert végétal	Facilité d’appropriation de la technique	Faible nécessité en intrants agricoles
Paillage	La technique limite le ruissellement et retient les sédiments ce qui entraîne une amélioration de la qualité de l’eau en aval. De plus, elle maintient une humidité au sol ce qui nécessite moins d’arrosage de la part du paysan. (Georges, 2015) Une fois le paillis mis sur le sol, celui-ci commence directement à faire effet. Son effet est diffus, puisqu’il est étendu sur l’ensemble de la parcelle. <b>Valeur = 3</b>	Cette technique permet de protéger le sol et favorise sa régénération, mais n’engendre pas directement la régénération du couvert végétal. <b>Valeur = 0</b>	Dans le cas d’un paillis végétal, comme celui qui est le plus susceptible d’être utilisé ici, aucun outil ou façon de faire spécialisés ne sont nécessaires. La technique nécessite certaines connaissances, mais celles-ci sont facilement et rapidement transmises au paysan. (Georges, 2015) <b>Valeur = 4</b>	Il est nécessaire de se procurer du paillis, celui-ci peut être composé de branches, feuilles, plantes mortes, etc. (Georges, 2015). La couverture végétale de la région est très faible, donc il pourrait être difficile de se procurer du paillis (CAPFIDA, 2006). La technique a comme avantage de diminuer les besoins en engrais (Georges, 2015). Elle ne demande pas d’intrants agricoles nouveaux à long terme. <b>Valeur = 3</b>
Plantes de couverture	Dès que les racines des végétaux commencent à croître, celles-ci absorbent l’eau, ce processus se fait donc à court terme. (Bergeron, 2020) La technique permet à l’eau de s’infiltrer dans le sol au lieu de ruisseler et d’entraîner des sédiments avec elle (amélioration de la qualité de l’eau en aval). Elle permet de diminuer l’évapotranspiration et favorise l’infiltration de l’eau ce qui augmente la disponibilité de celle-ci dans le sol. (FAO, s. d.b) L’effet est diffus, puisque les plantes de couverture sont sur l’ensemble de la parcelle. <b>Valeur = 3</b>	Il y a une couverture végétale permanente du sol lors de la saison de culture. La régénération du couvert végétal est seulement localisée dans les champs des agriculteurs. Il y a plus de végétation au sol à court terme, mais celle-ci n’a pas comme visée principale de régénérer le couvert végétal de l’ensemble de la région. L’effet est diffus, puisque les plantes de couverture sont sur l’ensemble de la parcelle. <b>Valeur = 3</b>	La technique demande certaines connaissances techniques, notamment au niveau du choix des plantes de couverture. (Cunha de Barcellos Ferreira et al., 2013) La technique peut être mise en branle dans un court laps de temps. <b>Valeur = 3</b>	Besoins en graines ou en plants pour la première saison de culture. Par la suite, des échanges peuvent être faits entre agriculteurs pour diversifier les types de couvertures. (Wager, 2017) Les plantes de couverture peuvent devenir du paillage. Elle ne demande pas d’intrants agricoles nouveaux à long terme. <b>Valeur = 4</b>

Techniques potentielles/Critères	Préservation et amélioration de la ressource en eau	Régénération du couvert végétal	Facilité d'appropriation de la technique	Faible nécessité en intrants agricoles
<b>Semis direct sous couverture végétale permanente (SCV)</b>	Dès que les racines des végétaux commencent à croître, celles-ci absorbent l'eau, ce processus se fait donc à court terme. (Bergeron, 2020) L'augmentation de la biomasse au sol et la couverture permanente permet une plus grande infiltration de l'eau ce qui augmente la disponibilité de celle-ci dans le sol. Ceci réduit le ruissellement de l'eau et de la terre ce qui améliore la qualité de l'eau. (Seguy et al., 2009; Wager, 2017) L'effet est diffus, puisque les plantes de couverture couvrent l'ensemble de la parcelle. <b>Valeur = 3</b>	La technique vise à reproduire le cycle naturel d'un sol vivant. Le non-travail du sol favorise la conservation d'une couverture végétale au sol, toutefois celle-ci ne se trouve que sur le terrain agricole. L'effet est diffus sur la parcelle et à court terme, puisque la couverture est sur l'ensemble du champ agricole dès la première saison de culture. (Seguy et al., 2009) <b>Valeur = 3</b>	La technique demande certaines explications complexes, mais après quelques séances, un paysan est en mesure de l'appliquer. (Seguy et al., 2009) <b>Valeur = 3</b>	Les semences nécessaires dans l'application de cette technique doivent être soit achetées ou échangées avec des voisins, l'achat de celles-ci peut représenter un frein. Sur un sol pauvre, il peut être nécessaire d'ajouter de l'engrais. (Seguy et al., 2009; Wager, 2017) Elle ne demande pas d'intrants agricoles nouveaux à long terme. <b>Valeur = 3</b>
<b>Rotation des cultures</b>	Le fait d'alterner des cultures ne permet pas d'améliorer la qualité ou d'augmenter la quantité d'eau dans le sol de façon significative. <b>Valeur = 0</b>	Appliquée seule, cette technique ne permet pas de régénérer le couvert végétal, puisqu'une fois les cultures récoltées, il n'y a quasiment plus de végétaux au sol. <b>Valeur = 0</b>	La technique demande certaines explications plus complexes, mais elle peut facilement et rapidement être transmise aux paysans. (Liniger et al., 2011) <b>Valeur = 3</b>	La technique nécessite des plants ou des semences lors de la première saison. Elle diminue les besoins en engrais (Liniger et al., 2011). Elle ne demande pas d'intrants agricoles nouveaux à long terme. <b>Valeur = 4</b>
<b>Bandes herbacées</b>	Dès que les racines des végétaux commencent à croître, celles-ci absorbent l'eau, ce processus se fait donc à court terme. (Bergeron, 2020) Elle a une grande capacité de réduction du ruissellement et empêche une partie des sédiments de se rendre dans les sources d'eau (amélioration de la qualité en aval). Elle favorise l'infiltration de l'eau ce qui augmente la disponibilité de l'eau dans le sol. (FAO, s. d.b; Liniger et al., 2011; Roose et al., 2017) La	La technique permet d'augmenter à court terme la couverture végétale. La couverture est par bande et non totale (effet ponctuel). L'efficacité dépend des végétaux utilisés pour former les bandes (FAO, s. d.b). <b>Valeur = 3</b>	La technique peut facilement être transmise aux paysans. (FAO, s. d.b) La technique peut être mise en branle dans un court laps de temps. <b>Valeur = 3</b>	La technique nécessite des plants ou des semences afin de créer les bandes. Elle diminue les besoins en engrais. Les bandes peuvent être une source de paillage. (Liniger et al., 2011; Roose et al., 2017) Elle ne demande pas d'intrants agricoles nouveaux à long terme. <b>Valeur = 4</b>

Techniques potentielles/Critères	Préservation et amélioration de la ressource en eau	Régénération du couvert végétal	Facilité d'appropriation de la technique	Faible nécessité en intrants agricoles
	couverture est par bande et non totale (effet ponctuel). <b>Valeur = 3</b>			
<b>Bandes riveraines</b>	Le but de cette technique est d'empêcher les sédiments de se rendre dans les sources d'eau. Elle filtre l'eau qui ruisselle et limite grandement l'ensablement et l'eutrophisation des plants d'eau ainsi que l'érosion des berges. (Savadogo et al., 2011) Les arbres et arbustes, grâce à leur grand système racinaire, favorisent grandement l'infiltration de l'eau dans le sol, mais ils demandent plusieurs mois/années pour croître (Bergeron, 2020). L'effet est ponctuel (le long du cours d'eau) (FIHOQ, 2013) <b>Valeur = 2</b>	La technique permet d'augmenter directement la couverture végétale. L'efficacité dépend des végétaux utilisés pour former les bandes. Ceux-ci sont souvent des arbres ou arbustes, ils ont donc besoin d'un certain temps pour croître (des mois à des années). L'effet est ponctuel (le long du cours d'eau) (FIHOQ, 2013) <b>Valeur = 1</b>	La technique demande certaines explications plus complexes, mais peut facilement être transmise aux paysans. Celle-ci peut rapidement être mise en branle si elle est acceptée par les paysans. <b>Valeur = 3</b>	Des plants ou des semences sont nécessaires afin de créer les bandes. Cependant, elle diminue les besoins en engrais et les végétaux de la bande peuvent devenir une source de paillage. Elle ne demande pas d'intrants agricoles nouveaux à long terme. <b>Valeur = 4</b>
<b>Terrasses</b>	La technique permet de réduire grandement le ruissellement et favorise l'absorption de l'eau dans le sol (amélioration de la qualité et plus grande disponibilité de l'eau dans le sol). L'établissement d'une terrasse est un travail qui peut s'étaler sur quelques années. (Liniger et al., 2011; Rakotomavo, 2017) L'effet est diffus, puisque la technique a des effets sur l'ensemble de la parcelle agricole. <b>Valeur = 2</b>	La technique permet de végétaliser seulement certaines zones (les fossés), donc l'effet est ponctuel et restreint. En fonction des végétaux choisis, cela peut prendre quelques mois à quelques années. <b>Valeur = 1</b>	La construction d'une terrasse est un travail qui nécessite une grande quantité de main-d'œuvre et qui peut s'étaler sur quelques années. Elle demande la transmission de connaissances complexes. Une fois comprise, celle-ci est hautement bénéfique, toutefois son appropriation par le paysan est plus longue. (Liniger et al., 2011) <b>Valeur = 1</b>	La technique est adaptée au travail manuel par les petits exploitants agricoles. (Rakotomavo, 2017) Elle demande l'acquisition de semences ou de plants lors de la création de la terrasse ainsi que certains outils de base (pelles). (Liniger et al., 2011) Elle ne demande pas d'intrants agricoles nouveaux à long terme. <b>Valeur = 3</b>

Techniques potentielles/Critères	Préservation et amélioration de la ressource en eau	Régénération du couvert végétal	Facilité d'appropriation de la technique	Faible nécessité en intrants agricoles
<b>Diguettes</b>	La technique limite les sédiments qui habituellement s'écouleraient dans le cours d'eau. Les pierres et la végétation filtrent l'eau (amélioration de la qualité) (GIZ, 2012). La capacité d'infiltration de l'eau est concentrée au niveau de la diguette et non sur tout le champ agricole (effet ponctuel). Une fois la technique en place, les effets sont immédiats. <b>Valeur = 3</b>	La technique permet de conserver une certaine humidité autour de la diguette ce qui encourage la végétalisation, mais celle-ci est limitée et ponctuelle. (GIZ, 2012) Une fois la technique en place, les effets sont visibles dès la première saison de culture. <b>Valeur = 3</b>	La technique est facile à comprendre et à intégrer pour les paysans. <b>Valeur = 3</b>	Les outils (pierres ou matériaux locaux, brouettes, charrettes) peuvent être un frein à l'application de la technique. La diguette ne demande pas d'intrants agricoles nouveaux à long terme. <b>Valeur = 3</b>
<b>Compostage</b>	La technique augmente la quantité de matière organique au sol ce qui favorise l'infiltration de l'eau et a pour conséquence de limiter l'érosion et le ruissellement des sédiments en aval. Cela améliore la qualité de l'eau et augmente la quantité disponible dans le sol. (Ralaivoavy, 2018; FAO, s. d.d) L'effet est ponctuel en fonction d'où est étendu le compost/lombricompost. <b>Valeur = 3</b>	Ces techniques favorisent la régénération du sol, mais n'engendrent pas directement la régénération du couvert végétal. <b>Valeur = 0</b>	Certaines explications sont complexes et si certains paramètres ne sont pas respectés cela peut affecter négativement les résultats de la technique. Cependant, la technique a déjà été faite à Madagascar et les résultats hautement positifs de celle-ci témoignent des possibilités d'intégration par les paysans, et ce, à court terme. (FAO, s. d.d; Plateforme-Re-Sources, 2015) <b>Valeur = 3</b>	La technique nécessite des matières organiques locales facilement accessibles. Elle ne demande pas d'intrants agricoles nouveaux à long terme. <b>Valeur = 4</b>
<b>Lombricompostage</b>				La technique nécessite des vers et de la matière organique pour nourrir ceux-ci. Elle ne demande pas d'intrants agricoles nouveaux à long terme. <b>Valeur = 3</b>
<b>Régénération naturelle assistée par les paysans</b>	Les racines des arbres filtrent l'eau et favorisent l'infiltration de celle-ci au lieu qu'elle s'évapore (amélioration de la qualité et de sa disponibilité). L'effet est ponctuel en fonction de la position des arbres. Avant qu'un réel effet soit ressenti, il faut une certaine quantité d'arbres sur le territoire, ceux-ci peuvent prendre plusieurs années à croître. (Liniger, 2011) Dans le cas de la haie,	Le but de la technique est directement d'augmenter le couvert végétal. La végétalisation est ponctuelle en fonction de la position des arbres. Avant d'avoir suffisamment d'arbres, cela peut prendre de nombreuses années. (Liniger, 2011) <b>Valeur = 2</b>	La technique est facilement assimilable par les paysans. L'abolition de certaines techniques traditionnelles (brûlis) peut être un frein et nécessiter plusieurs années de sensibilisation. <b>Valeur = 2</b>	La technique demande l'achat de semences ou de plants ainsi que du paillage pour protéger le sol autour des plants. Chaque année, il pourrait être nécessaire de planter à nouveau des arbres, ce qui correspond à l'achat de plants annuellement. <b>Valeur = 1</b>

Techniques potentielles/Critères	Préservation et amélioration de la ressource en eau	Régénération du couvert végétal	Facilité d’appropriation de la technique	Faible nécessité en intrants agricoles
Haies vives arbustives	celle-ci nécessitera quelques années avant d’avoir atteint la maturité. (Yossi et al., 2006) <b>Valeur = 1</b>	La technique permet d’augmenter directement la couverture végétale, toutefois, la couverture se fait par bande (effet ponctuel). Aussi, une haie adulte nécessitera quelques années avant d’avoir atteint la maturité. (Yossi et al., 2006) <b>Valeur = 1</b>	L’explication de la technique est relativement simple. Celle-ci peut facilement être intégrée par les paysans, mais l’entretien des haies peut être moins bien assimilé par les locaux. L’entretien se fait sur le long terme. <b>Valeur = 2</b>	La technique demande l’achat de semences ou de plants ainsi que du paillage pour protéger le sol autour des plants. Les outils nécessaires peuvent être un obstacle, car pour entretenir les haies, il faut un sécateur ou un instrument permettant d’effectuer les mêmes tâches. (Roose et al., 2017) <b>Valeur = 3</b>

Le tableau 7.5 montre le pointage accordé à chaque technique selon les quatre critères d'évaluation de cette seconde partie de l'analyse multicritère.

**Tableau 7.5 Interprétation sommaire des résultats de l'analyse - seconde partie**

<b>Critères</b> <b>Techniques</b> <b>potentielles</b>	<b>Paillage</b>	<b>Plantes de couverture</b>	<b>Semis direct sous</b> <b>couverture végétale</b> <b>permanente</b>	<b>Rotation des cultures</b>	<b>Bandes herbacées</b>	<b>Bandes riveraines</b>	<b>Terrasses</b>	<b>Diguettes</b>	<b>Compostage</b>	<b>Lombricompostage</b>	<b>Régénération naturelle</b> <b>assistée par les paysans</b>	<b>Haies vives arbustives</b>
<b>Préservation et</b> <b>amélioration de la</b> <b>ressource en eau</b>	3	3	3	0	3	2	2	3	3	3	1	1
<b>Régénération du</b> <b>couvert végétal</b>	0	3	3	0	3	1	1	3	0	0	2	1
<b>Facilité</b> <b>d'appropriation de</b> <b>la technique</b>	4	3	3	3	3	3	1	3	3	3	2	2
<b>Faible nécessité en</b> <b>intrants agricoles</b>	3	4	3	4	4	4	3	3	4	3	1	3

Selon les résultats obtenus, le paillage, les plantes de couverture, le SCV, les bandes herbacées, les diguettes, le compostage ainsi que le lombricompostage ont tous obtenu la valeur de 3 concernant le critère de préservation et amélioration de la ressource en eau. Cela indique que ces techniques ont, à court terme, un potentiel de filtration et de rétention de l'eau dans le sol, mais que leur potentiel est limité. Pour leur part, les techniques de bandes riveraines et de terrasses ont obtenu un pointage de 2, puisqu'elles ont un fort potentiel de rétention et de filtration de l'eau, mais celui-ci n'est atteint qu'après quelques années. Concernant la RNAF et les haies vives arbustives, la note obtenue est de 1, ce qui indique que ces techniques ont un faible potentiel de rétention et de filtration de l'eau qui n'est effectif qu'à long terme. Enfin, la rotation des cultures a obtenu la note 0, car le seul fait d'alterner des cultures n'a aucun effet significatif sur la rétention et la filtration de l'eau.

Pour ce qui est du critère de régénération du couvert végétal, les plantes de couverture, le SCV, les bandes herbacées et les diguettes ont obtenu la note de 3. Ainsi, celles-ci encouragent, à court terme, la régénération de la végétation, mais leur effet est restreint. Dans le cas des plantes de couverture et du SCV, l'effet est limité à la saison de culture et, pour les bandes herbacées et les diguettes, l'effet n'est visible qu'autour des techniques (effet ponctuel). La technique de RNAF, ayant comme principale visée de reboiser, celle-ci a obtenu la valeur de 2, puisqu'elle a un fort effet sur le critère, mais nécessite plusieurs années. Enfin, les bandes

riveraines, les terrasses et les haies vives arbustives ont obtenu la note de 1 ce qui signifie qu'elles ont un effet ponctuel limité, et ce, à long terme. Le paillage, la rotation des cultures, le compostage ainsi que le lombricompostage ont obtenu la note de 0, elles ne permettent donc pas, à elles seules, la régénération de la couverture végétale.

Ensuite, pour le critère de facilité d'appropriation de la technique, la technique de paillage a obtenu le pointage de 4, celle-ci est donc facile à comprendre pour les paysans. Les techniques qui ont eu la note de 3 sont les plantes de couverture, le SCV, la rotation des cultures, les bandes herbacées, les bandes riveraines, les diguettes, le compostage et le lombricompostage. Ces dernières peuvent être bien assimilées par les paysans, mais comprennent tout de même certaines difficultés, par exemple, au niveau de la complexité des explications nécessaires à la mise en branle de la technique. Les techniques ayant obtenu la valeur de 2 sont la RNAF et les haies vives arbustives. Il est donc possible pour les paysans de comprendre rapidement celles-ci, mais certains obstacles à l'intégration à long terme au mode de vie malgache sont relevés, par exemple l'entretien régulier des haies vives arbustives. Finalement, la technique des terrasses a obtenu la note de 1 ce qui signifie que celle-ci montre plusieurs obstacles dans sa compréhension et dans son adoption à long terme par la population malgache.

Enfin, concernant le dernier critère, celui de la faible nécessité en intrants agricoles, les techniques ont toutes obtenu la valeur de 3 ou de 4, hormis la technique de RNAF qui a eu la valeur de 1. Comme il est nécessaire de planter de nouveaux plants chaque année afin d'avoir de meilleurs résultats, cette technique engendre des coûts, et ce, annuellement pour les paysans. Étant donné la situation économique de ces derniers, des coûts annuels correspondent à un frein majeur. Sinon, l'ensemble des techniques potentielles ne nécessitent que peu ou aucun intrant agricole supplémentaire. Ainsi, pour ce dernier critère, ces techniques ne sont pas problématiques.

Pour finir, le tableau 7.6 montre le pointage global accordé à chaque technique selon l'ensemble des critères d'évaluation de l'analyse.

**Tableau 7.6 Interprétation globale des résultats**

<b>Critères</b> <b>Techniques</b> <b>potentielles</b>	<b>Paillage</b>	<b>Plantes de couverture</b>	<b>Semis direct sous</b> <b>couverture végétale</b> <b>permanente</b>	<b>Rotation des cultures</b>	<b>Bandes herbacées</b>	<b>Bandes riveraines</b>	<b>Terrasses</b>	<b>Diguettes</b>	<b>Compostage</b>	<b>Lombricompostage</b>	<b>Régénération naturelle</b> <b>assistée par les paysans</b>	<b>Haies vives arbustives</b>
<b>Diversification des</b> <b>bénéfices</b>	0	0	0	0	3	1	2	0	0	0	2	2
<b>Conservation des</b> <b>sols</b>	4	2	4	2	3	2	2	3	4	4	2	2
<b>Résilience aux aléas</b> <b>climatiques</b>	4	3	4	3	3	2	2	3	3	3	2	2
<b>Préservation et</b> <b>amélioration de la</b> <b>ressource en eau</b>	3	3	3	0	3	2	2	3	3	3	1	1
<b>Régénération du</b> <b>couvert végétal</b>	0	3	3	0	3	1	1	3	0	0	2	1
<b>Facilité</b> <b>d'appropriation de</b> <b>la technique</b>	4	3	3	3	3	3	1	3	3	3	2	2
<b>Faible nécessité en</b> <b>intrants agricoles</b>	3	4	3	4	4	4	3	3	4	3	1	3
<b>Total</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>20</b>	<b>12</b>	<b>22</b>	<b>15</b>	<b>13</b>	<b>18</b>	<b>17</b>	<b>16</b>	<b>12</b>	<b>13</b>

L'analyse multicritère avait comme objectif de comparer les techniques afin de déterminer celles étant les plus appropriées au contexte de la région à l'étude. En d'autres mots, quelles méthodes engendraient le plus de bénéfices pour la population et l'environnement à court et à long terme. Étant donné que ces techniques furent soumises à un tri préalable, lors de la revue de littérature à la section 6 Techniques agricoles et de reboisement potentiellement applicables au contexte malgache, l'ensemble de celles-ci sont potentiellement applicables au contexte de la région. Toutefois, quelques-unes sont davantage appropriées que d'autres selon les objectifs visés (critères). Certaines techniques peuvent aussi être combinées les unes aux autres afin que les bénéfices procurés par celles-ci soient augmentés.

Les résultats finaux obtenus montrent que la technique des bandes herbacées est celle ayant eu le plus haut pointage final avec 22 points. Celle-ci a des effets faiblement positifs à court terme (valeur de 3) pour l'ensemble des critères, sauf celui de faible nécessité en intrants agricoles qui a obtenu la valeur de 4. Cette valeur est accordée, car seuls quelques plants ou semences doivent être achetés lors de la première saison.



Ensuite, la technique de SCV a obtenu la note de 20, elle présente des effets positifs faibles à court terme (valeur de 3) pour la majorité des critères. De plus, les critères de conservation des sols et de résilience aux aléas climatiques sont vus comme ayant de forts effets positifs à court terme (valeur de 4). Toutefois, le critère de diversification des bénéfices a obtenu la note de 0, puisque la technique ne répond pas à plusieurs usages du territoire. Grâce aux pointages finaux obtenus, il est possible d'affirmer que ces deux techniques sont celles qui répondent au mieux aux éléments de contexte de la région à l'étude, soit aux multiples critères d'analyse utilisés dans cette étude. Néanmoins, elles ne représentent pas à elles seules la solution ultime aux enjeux soulevés. Une combinaison de techniques, en fonction des besoins du paysan, à court et à long terme, est suggérée ici et s'appuie sur les résultats obtenus pour plusieurs des autres techniques.

Le paillage a obtenu la note finale de 18, le compostage la note finale de 17 et le lombricompostage la note finale de 16. Ces trois techniques, appliquées de manière diffuse sur les parcelles, permettent d'améliorer la qualité du sol, mais n'ont aucun effet sur les critères de diversification des bénéfices et de régénération du couvert végétal qui ont tous deux la valeur de 0. Les résultats obtenus permettent d'affirmer que le jumelage de l'une de ces trois techniques avec n'importe lesquelles des techniques analysées dans cette étude, à l'exception de la diguette, favoriserait une augmentation des effets sur la conservation des sols, la résilience aux aléas climatiques et la préservation et amélioration de la ressource en eau.

Par la suite, l'aménagement agricole nommé diguette a un pointage de 18. Cette dernière a obtenu la note de 3 sur tous les critères, hormis celui de diversification des bénéfices où elle a eu la note de 0. Comme il s'agit d'un aménagement agricole, celle-ci ne peut pas répondre au critère de diversification des bénéfices. Elle va plutôt être installée sur un terrain où elle va pouvoir augmenter la capacité de rétention et de filtration de l'eau, favoriser la conservation du sol ainsi que la régénération du couvert végétal, en raison de la zone humide qu'elle va créer tout autour d'elle.

La technique des bandes herbacées a également eu une valeur finale de 18. Celle-ci a comme principale lacune la diversification des bénéfices, mais répond bien aux autres critères.

Pour sa part, la technique des bandes riveraines a obtenu la note finale de 15. Hormis les critères de facilité d'appropriation de la technique et de faible nécessité en intrants agricoles, tous les critères ont eu une note de 1 ou de 2. Ce qui signifie que bien que les effets soient positifs, ceux-ci ne sont rendus possibles que sur le long terme.

La rotation des cultures, quant à elle, a obtenu un pointage final de 12. Celle-ci a eu la note de 0 pour les critères de diversification des bénéfices, de préservation et amélioration de la ressource en eau ainsi que de régénération du couvert végétal. Concernant le critère de conservation des sols, elle a eu la note de 2 et, pour les trois critères restants, les valeurs accordées sont de 3 ou de 4. Les avantages sont donc faibles, mais ceux-

ci sont ressentis à court terme. Les effets sur la conservation des sols sont ressentis seulement à long terme, toutefois ceux-ci sont fort positifs. Cela dit, il est possible de stipuler que la combinaison de cette technique avec la technique des plantes de couverture permettrait d'obtenir plus d'effets positifs au niveau de la préservation et de l'amélioration de la ressource en eau ainsi que pour la régénération du couvert végétal.

La technique des terrasses a obtenu la note finale de 13. Celle-ci a de forts effets positifs (valeur de 2) sur quatre critères (diversification des bénéfices, conservation des sols, résilience aux aléas climatiques et préservation et amélioration de la ressource en eau), mais ces effets ne sont ressentis qu'à long terme. De plus, elle a obtenu la note de 3 pour le critère de faible nécessité en intrants agricoles. Cette valeur est accordée, car la technique est adaptée au travail manuel par les petits exploitants agricoles et elle ne demande pas d'intrants agricoles nouveaux à long terme. Ici, la technique des terrasses correspond davantage à un aménagement agricole au même titre que les diguettes. Elles seront donc aménagées sur la parcelle d'un agriculteur et, sur celles-ci, des techniques telles que les plantes de couvertures ou la rotation des cultures pourront être appliquées.

La technique des haies vives arbustives a elle aussi obtenu la note finale de 13. Cette dernière a obtenu la valeur de 2 pour les critères de diversification des bénéfices, de conservation des sols, de résilience aux aléas climatiques et de facilité d'appropriation de la technique. De façon générale, cette technique a de forts effets positifs sur l'environnement et la technique est facile à mettre en branle, cependant les effets ne sont ressentis qu'à long terme.

Finalement, la RNAF a obtenu la note finale de 12. Celle-ci a eu la note de 2 pour cinq des critères c'est-à-dire celui de diversification des bénéfices, de conservation des sols, de résilience aux aléas climatiques, de régénération du couvert végétal et de facilité d'appropriation de la technique. LA RNAF a donc de forts effets positifs, mais seulement à long terme.

En définitive, bien que ces techniques soient toutes, dans une certaine mesure, appropriées au contexte de la région à l'étude, les techniques des bandes herbacées et de SCV sont celles qui ressortent le plus fort de l'analyse globale. Néanmoins, elles ne représentent pas à elles seules la solution ultime aux enjeux soulevés. Une combinaison de techniques, en fonction des besoins du paysan, à court et à long terme, est suggérée ici et s'appuie sur les résultats intéressants obtenus pour plusieurs des autres techniques.

## **8. PRINCIPAUX CONSTATS DE L'ÉTUDE**

Cette section présente les constats généraux les plus significatifs ressortant de cet essai. Ces constats se basent sur les principaux éléments soulevés dans cette étude, et ce, autant dans les portraits réalisés que dans l'interprétation des résultats de l'analyse multicritère. Ces constats devront être pris en compte, notamment, lors de l'accompagnement des paysans dans la modification de certaines de leurs techniques agricoles et de reboisement.

### **8.1 L'urgence d'agir**

La notion de court terme dans cette étude est centrale. Cette importance est due aux multiples enjeux soulevés dans le portrait de la région. Ces enjeux ont montré que la population est grandement affectée, notamment, par le faible niveau de scolarisation, la pauvreté et la malnutrition. De plus, les pressions sur les terres sont multiples et contribuent à la destruction du couvert végétal, à la dégradation des sols ainsi qu'à la détérioration de la ressource en eau. Ces quelques enjeux seront nécessairement exacerbés par les changements climatiques. Étant donné que la population se trouve déjà dans un état de vulnérabilité avérée, les techniques de conservation des sols et de reboisement proposées doivent être mises en branle promptement et fournir des résultats tout aussi rapidement. L'économie malgache étant basée sur le secteur agricole il convient d'amorcer les changements à travers celui-ci.

### **8.2 Combiner les techniques pour obtenir le meilleur de chacune**

L'analyse des techniques agricoles et de reboisement potentiellement applicables au contexte malgache a permis de comparer celles-ci afin d'identifier celles qui favorisent des résultats à court terme et celles qui favorisent des résultats à long terme. Étant donné que les effets à court terme sont plus recherchés ici, les techniques ayant eu des répercussions positives à court terme semblent plus pertinentes à mettre de l'avant. Cependant, il importe de ne pas se concentrer uniquement sur ces dernières. En effet, il apparaît que la combinaison de techniques ayant des effets à court terme avec celles ayant des effets à long terme permettrait potentiellement de répondre non seulement à l'urgence d'avoir des résultats immédiats, mais assurerait en plus la durabilité des effets positifs à long terme.

Également, la combinaison de celles-ci permettrait potentiellement de combler les faiblesses de certaines techniques par rapport à un ou plusieurs critères grâce aux avantages engendrés par d'autres techniques. Ainsi, il est constaté l'importance de sélectionner les techniques qui peuvent être mises en œuvre de manière conjointe en fonction des besoins des paysans, et ce, sans augmenter massivement les coûts et le temps nécessaire à l'application de celles-ci. Une fois la sélection faite, les combinaisons de techniques ayant le plus d'avantages à court terme devraient être mises en branle.

### **8.3 Les locaux : des acteurs intégrants du changement**

Il semble fondamental de souligner l'importance des locaux dans la réussite de tout processus. Ceux-ci ne doivent pas seulement observer, ils doivent faire partie intégrante de la démarche afin de devenir des acteurs de changements. Ainsi, la technique choisie doit leur être expliquée de manière à ce qu'ils soient en mesure de l'expliquer à leurs voisins. Effectivement, il a été vu, dans le projet pilote MANITATRA, qu'une communication de type horizontale est souvent bien plus efficace qu'une communication d'un étranger à un individu local. Des actions peuvent être faites afin de stimuler la motivation des paysans à partager leurs nouvelles connaissances avec leur entourage. Par exemple, ceux-ci peuvent être motivés par la mise en place d'un système d'indemnisation monétaire (Cabinet IDACC Consulting, 2016).

Également, afin de favoriser la participation des paysans et de limiter les dégâts faits par les paysans n'ayant pas été sensibilisés aux nouvelles techniques, certaines mesures de sécurité peuvent être mises en place. Lors de projets de reboisement passés, il a d'ailleurs été vu que la création de *Dina* (convention collective locale) pouvait être fort utile afin de décourager les paysans qui continuaient à appliquer la technique par brûlis (Cabinet IDACC Consulting, 2016).

### **8.4 Une approche multiacteur afin de limiter les coûts défrayés par les paysans**

L'intégration de nouvelles techniques peut engendrer des coûts de démarrage. Ainsi il a été constaté que, dans certains cas, l'intervenant étranger ou local pouvait travailler de pair avec les communes et la direction régionale afin de soulager les paysans du fardeau monétaire. En fait, il est vu qu'une convention tripartite, par exemple entre la mairie, la Direction régionale et l'ONG qui vient travailler avec la population en question, favoriserait la cohésion et la réussite d'un projet (CCD, 2020). D'autre part, certains acteurs peuvent parfois fournir du financement ou des connaissances qui profiteront grandement au projet en cours. En fait, une approche multiacteur a été vue dans les projets de reboisement passés comme étant un gage de durabilité et de réussite. (Cabinet IDACC Consulting, 2016)

### **8.5 Le suivi : un élément essentiel à l'ancrage d'une nouvelle technique dans le mode de vie malgache**

Suite à la promotion d'une technique, l'engouement des paysans pour celle-ci diminue avec le temps et, si ceux-ci rencontrent des problèmes, ils sont souvent tentés de retourner à leurs anciennes habitudes. De ce fait, il est nécessaire qu'un suivi personnalisé soit effectué durant les premières années suivant l'intégration d'une nouvelle méthode. Le suivi permet de s'assurer du bon déroulement du processus, de répondre aux interrogations des citoyens et de les aider à trouver des solutions aux problématiques qui pourraient survenir. (JICA, 2018) Cette étape a été constatée comme étant aussi importante que l'enseignement de la technique, puisque si aucun suivi n'est fait, la nouvelle méthode risque de sombrer dans l'oubli ou pourrait

être mal appliquée avec le temps. Enfin, cette dernière étape assure la durabilité de la technique et, par le fait même, la longévité des bienfaits que procure celle-ci aux paysans malgaches.

#### **8.6 La sensibilisation des multiples usages d'une technique**

Le contexte social et culturel de la région est plus qu'important à comprendre et à tenir en compte lors de l'application des techniques. Effectivement, dans la région à l'étude, de nombreux groupes ethniques figurent et ceux-ci ont diverses modes de vie. Dans le contexte de cet essai, le secteur agricole a été largement sollicité, cependant il ne faut pas oublier qu'une fraction de la population exerce l'élevage et que celui-ci peut entrer en conflit avec les nouvelles méthodes proposées. Afin de prévenir tout conflit, il est nécessaire de réfléchir à la manière dont les nouvelles méthodes peuvent tout autant apporter des avantages aux éleveurs qu'aux agriculteurs. Sans oublier l'importance du bois de chauffage dans le mode de vie malgache. Cette idéologie a d'ailleurs mené à la création du critère de diversification des bénéfices utilisé lors de l'analyse multicritère.

En ce sens, plus la proportion d'individus affectés positivement par une technique est grande et plus celle-ci a de chances d'être adoptée. Ainsi, lors de la communication des nouvelles techniques, il doit être discuté des usages multiples qui découlent de celles-ci (possibilité de nourrir le bétail, l'être humain ou de fournir du bois de chauffe). Plusieurs stratégies de sensibilisation existent, cependant, il a été vu dans les projets de reboisement examinés dans le cadre de cet essai que le visionnement d'un film sur le sujet est souvent bien plus intéressant pour les paysans qu'un simple exposé oral. Dans ce même ordre d'idées, l'organisation d'une sortie dans les champs ou dans une région voisine où la technique enseignée est déjà mise en branle et où des résultats sont visibles est également notée comme très encourageante et stimulante pour les paysans. (Cabinet IDACC Consulting, 2016)

## CONCLUSION

Cet essai avait pour objectif principal d'évaluer les techniques agricoles de conservation des sols et de reboisement les plus appropriées au contexte malgache en se concentrant sur les pentes de collines dégradées et les bas-fonds dans la région à l'étude. Pour ce faire, le contexte de la région a été dressé en soulignant les enjeux sociaux, environnementaux, économiques et de gouvernance en lien avec la déforestation et la dégradation des sols en milieu agricole. De ce portrait, il a été possible d'établir comment les migrations internes ont constitué le paysage démographique de la région à l'étude et de quelles manières celles-ci font pression sur les terres et les ressources naturelles. Ces migrations motivées par la qualité et la quantité des terres agricoles de la région et accentuées par les changements climatiques ont fait de la région un pôle de diversité ethnique importante. La région souffre néanmoins de problèmes liés à l'insécurité foncière ainsi qu'une insécurité reliée aux *dahalo*. Ces derniers, étant des voleurs de bœufs, affectent directement les capacités des agriculteurs et des éleveurs de la région à l'étude. Il a également été souligné que le manque de scolarisation de la population était un facteur accentuant la vulnérabilité et la pauvreté de celle-ci. D'ailleurs, la pauvreté étant généralisée, les Malgaches sont fortement touchés par la malnutrition qui en affectant les enfants devient un enjeu intergénérationnel.

Dans un autre temps, le manque de couverture végétale est vu comme étant l'un des enjeux environnementaux prioritaires. Ce dernier rend le sol vulnérable à l'érosion ce qui amplifie la dégradation de celui-ci. La divagation du bétail freine la régénération des jeunes pousses et les coupes pour le bois de chauffe nuisent à la régénération du couvert forestier. Toutefois, ces deux derniers éléments ne sont pas les causes les plus importantes de la destruction du couvert végétal. Certaines techniques agricoles malgaches sont plus fortement en cause. En effet, il a été présenté que la technique par brûlis était grandement dommageable et ne permettait d'utiliser le sol que quelques années de suite. Les cultures sur *tanety* ont aussi été soulignées comme problématiques, car elles engendrent l'ensablement et l'envasement des bas-fonds. En raison de l'érosion, la couche superficielle du sol s'écoule jusqu'à ceux-ci ce qui prive, par le fait même, les *tanety* d'une couche de matière organique importante. Le sol de ces collines est noté comme pauvre en nutriments et certains sols sont tellement dégradés que des *lavakas* apparaissent. De plus, il a été vu que la diversité des cultures était insuffisante et que la principale culture de la région c'est-à-dire la riziculture soutirait beaucoup de nutriments au sol. Ainsi, si aucun travail de régénération n'est fait, il est évident que le sol de la région à l'étude va continuer à se dégrader et que la productivité des cultures va diminuer ce qui va aggraver l'état de vulnérabilité des habitants malgaches. Le caractère agricole de la région ne semble donc pas répondre aux besoins de la population, et ce, pour plusieurs raisons, notamment le manque de conseils agricoles, l'accès restreint à des intrants de qualité, la dégradation de sols, la faible diversité des cultures, etc.

Il a aussi été vu que quelques techniques agricoles améliorées avaient eu lieu dans la région à l'étude et dans les régions voisines à celle-ci. Cependant, il a été conclu que certaines techniques avaient été adoptées, mais que, dans le présent travail, il était impossible de connaître l'ampleur de cette adoption et même de savoir si les paysans pratiquaient encore ces techniques. Également, certains projets de reboisement passés ont été examinés afin de faire ressortir les leçons apprises et les défis rencontrés lors de ceux-ci. Ces derniers ont fourni des précisions techniques utiles, entre autres, sur les types d'arbres reboisés et leurs particularités, en plus d'indiquer des solutions à des problèmes rencontrés. Par exemple, le fait d'employer des gardes locaux de jour comme de soir pour prévenir le vol de plants sur les parcelles nouvellement reboisées.

Enfin, des techniques agricoles ont été proposées en fonction du contexte de la région à l'étude. Celles-ci sont toutes applicables au contexte de la région, mais elles ont chacune leurs avantages et inconvénients. Afin de comparer ces dernières, une analyse multicritère a été faite. Les critères de cette analyse basés sur les enjeux définis dans le portrait de la région ont permis de comparer les techniques les unes aux autres afin de sélectionner celles étant les plus appropriées au contexte de la région à l'étude. Il a été conclu que la technique des bandes herbacées et celle des semis direct sous couverture végétale permanente sont celles ayant le plus haut potentiel d'application. Néanmoins, elles ne représentent pas à elles seules la solution ultime aux enjeux soulevés. Une combinaison de techniques, en fonction des besoins du paysan, à court et à long terme, est suggérée et s'appuie sur les résultats intéressants obtenus pour plusieurs des autres techniques.

En somme, des constats basés sur l'ensemble des informations trouvées dans cet essai ont été formulés. Il a d'abord été souligné l'urgence d'apporter des changements dans le secteur agricole malgache. Ensuite, il a été constaté l'intérêt de combiner des techniques afin de profiter des avantages de chacune tout en comblant les inconvénients de celles-ci. Il est aussi noté que la participation des locaux est centrale dans la réussite d'un projet. Encore, une approche multiacteur a été soulignée comme pouvant diminuer les coûts qui pourraient peser sur les paysans. Le suivi a également été identifié comme une étape capitale à la pérennité du projet. Finalement, il a été constaté l'importance de bien sensibiliser les paysans sur les multiples usages d'une technique afin de favoriser son intégration dans le mode de vie malgache.

En guise de conclusion, des techniques agricoles et de reboisement viables et adaptées au contexte de la région à l'étude ont été trouvées et analysées répondant à l'objectif principal de cet essai. Cette étude a permis de montrer les nombreux enjeux qui tiraillent la société malgache, tout en soulevant des pistes de solutions tangibles pour l'amélioration des techniques agricoles et de reboisement. Les techniques proposées pourraient devenir les prémisses d'une nouvelle ère agricole et ainsi contribuer au passage d'une agriculture de subsistance à une agriculture plus résiliente.

## RÉFÉRENCES

- Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA). (2018). *Madagascar Projet de Développement de l'Approche Intégrée pour promouvoir la Restauration Environnementale et le Développement Rural à Morarano Chrome – PRODAIRE* (Rapport final/18-063).  
<https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12308144.pdf>
- Association Cœur de forêt. (s. d.). *Projet Antsirabe Restauration des écosystèmes forestiers par la Sensibilisation, la Reforestation et l'appui Economique – Madagascar*.  
<https://docplayer.fr/192876918-Projet-antsirabe-restauration-des-ecosystemes-forestiers-par-la-sensibilisation-la-reforestation-et-l-appui-economique-madagascar.html>
- Andriamisaintsoa, S. (2017). *Diagnostic des plantations MAHAVOTRA - phase I*.  
<https://docplayer.fr/182209561-Diagnostic-des-plantations-forestieres-du-projet-mahavotra-phase-i.html>
- Association d'aide au développement de communes rurales à Madagascar (ASMADA). (s. d.). *Reboisement*.  
<https://www.asmada.org/reboisement>
- Andrianasolo, M.F.N. (2015). *Le processus de décentralisation à Madagascar, cas de la Commune Urbaine d'Antananarivo* (Mémoire de maîtrise, Université d'Antananarivo, Antananarivo, Analamanga, Madagascar). [http://biblio.univ-antananarivo.mg/pdfs/andrianasoloManitraFM\\_ECO\\_M1\\_15.pdf](http://biblio.univ-antananarivo.mg/pdfs/andrianasoloManitraFM_ECO_M1_15.pdf)
- Association française de l'Agroforesterie. (s. d.). *Apports de l'arbre en milieu agricole*.  
<https://www.agroforesterie.fr/definition-agroforesterie.php>
- Andriamasy Henintsoa, L. (2015). *Relation entre les caractéristiques pédologiques des sols ferrallitiques de Madagascar et leurs propriétés d'échange* (Mémoire de maîtrise, Université d'Antananarivo, Antananarivo, Analamanga, Madagascar). [http://open-library.cirad.fr/files/4/2073\\_\\_2014\\_Master\\_Andriamasy\\_Laurencia.pdf](http://open-library.cirad.fr/files/4/2073__2014_Master_Andriamasy_Laurencia.pdf)
- Agence pour la recherche et l'information en fruits et légumes. (s. d.). *Bénéfices santé de la consommation de fruits et légumes : Qu'est-ce qu'une alimentation saine?* <https://www.aprifel.com/fr/article-dossier/quest-ce-quune-alimentation-saine/>
- Andriamahazo, M. et Lahimasy, A. (2019). *Environnement rural*. Dans Noasilalaonomenjanahary Ambinintsoa, L. (dir.), *Rapport sur l'avenir de l'environnement de Madagascar 2017* (p.456-481)  
<https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/27525>
- Anaclet, I. (2015, 30 juin). *Des éléments de réflexion pour le choix constitutionnel de la forme de l'Etat adaptée pour Madagascar*. *Pambazuka News*. <https://www.pambazuka.org/fr/governance/des-%C3%A9l%C3%A9ments-de-r%C3%A9flexion-pour-le-choix-constitutionnel-de-la-forme-de-l%E2%80%99etat-adapt%C3%A9e>
- Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA). (s. d.). *Manuel d'utilisation du Modèle « LIFE » Madagascar Projet de Développement de l'Approche Intégrée pour promouvoir la Restauration Environnementale et le Développement Rural à Morarano Chrome (PRODAIRE)*.  
[https://www.jica.go.jp/project/madagascar/002/materials/ku57pq00001yqr0i-att/resultat\\_04\\_01.pdf](https://www.jica.go.jp/project/madagascar/002/materials/ku57pq00001yqr0i-att/resultat_04_01.pdf)
- Apedoh, J. (2019, 22 juillet). *Le système de riziculture intensive (SRI)*. *ECHO West Africa Notes*.  
<https://www.echocommunity.org/fr/resources/99f7f003-7832-4adc-bd7c-5948ea5a38d2>
- Andriambelomanga, E., Ratsivalaka, S., Andriamampianina, N., Randriamboavonjy, J-C. et Andriamihamina, M. (2012). *Amélioration de la gestion paysanne de la fertilité des sols des versants cultivés des collines, du bassin versant de Maniandro (Madagascar)*. Dans E. Roose, H. Duchaufour et G. De Noni



- (dir.). *Lutte antiérosive : Réhabilitation des sols tropicaux et protection contre les pluies exceptionnelles*. <https://books.openedition.org/irdeditions/12647?lang=fr#authors>
- Andrianisaina, F. (2017). *Production de lombricomposts par des espèces locales de vers de terre et effets de ces fertilisants sur la croissance du riz pluvial* (Mémoire de fin d'étude, Université d'Antananarivo, Antananarivo, Analamanga, Madagascar). [http://biblio.univ-antananarivo.mg/pdfs/andrianisainaFanilo\\_AGRO\\_MAST2\\_17.pdf](http://biblio.univ-antananarivo.mg/pdfs/andrianisainaFanilo_AGRO_MAST2_17.pdf)
- Alliance Mondiale du Changement Climatique (AMCC). (2020). Madagascar: Du changement climatique et des lombrics. <https://www.gcca.eu/fr/stories/madagascar-du-changement-climatique-et-des-lombrics>
- Association inter-zone pour le développement en milieu rural (AIDMR). (s. d.). Les arbres fertilitaires. <https://aidmr.wordpress.com/arbres-fertilitaires/#>
- A Tree For You. (2021). MADAGASCAR – Mahavotra : agroforesterie et foresterie près du lac Itasy. <https://www.atreeforyou.org/fr/agrisud-madagascar-agroforesterie-et-foresterie-paysannes-region-itasy/>
- Bourgeois-Lortie, J. (2020). Madagascar : un État vulnérable face aux changements climatiques. <https://perspective.usherbrooke.ca/bilan/servlet/BMAAnalyse?codeAnalyse=2921>
- Banque mondiale (BM). (2020a). Vue d'ensemble - Madagascar. <https://www.banquemondiale.org/fr/country/madagascar/overview>
- Boulogne, M. (2016). *Vulnérabilité des paysages forestiers dans le parc de Ranomafana (Madagascar) : dynamiques environnementales et trajectoires agroforestières* (Thèse de doctorat). Université Grenoble Alpes, Grenoble, France. [https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01529847/file/BOULOGNE\\_2016\\_archivage.pdf](https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01529847/file/BOULOGNE_2016_archivage.pdf)
- Banque mondiale (BM). (2013). *Madagascar - L'éducation primaire en temps de crise* (Rapport de recherche, numéro de rapport 78584) <http://documents1.worldbank.org/curated/en/638691468300579437/pdf/785840WP0FRENCOithoutOthe0abstract0.pdf>
- Banque mondiale (BM). (s. d.). *L'environnement et les ressources naturelles renouvelables*. [http://documents1.worldbank.org/curated/ru/130911468086644653/047856072\\_201407225012447/additional/883230REPLACEMENT0Box385221B00PUBLIC0.pdf](http://documents1.worldbank.org/curated/ru/130911468086644653/047856072_201407225012447/additional/883230REPLACEMENT0Box385221B00PUBLIC0.pdf)
- Bureau pays du programme alimentaire mondial à Madagascar. (2019). *La filière riz à Madagascar face à la fortification* (Rapport de mission). <https://madagascar.un.org/sites/default/files/2019-11/190801%20Analyse%20paysage%20riz%20Madagascar.pdf>
- Banque mondiale (BM). (2014). *Opportunités et défis pour une croissance inclusive et résiliente* (numéro de rapport : 88323). <https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Opportunités%20et%20défis%20pour%20une%20croissance%20inclusive%20et%20résiliente.pdf>
- Banque mondiale (BM). (2016). *Agriculture et développement rural à Madagascar. Background papers*. <http://documents1.worldbank.org/curated/en/711841491218973857/pdf/113954-WP-FRENCH-PUBLIC-Abstract-sent.pdf>
- Beauval, V. et Di Leonardo, A. (2016). *Étude de la filière semencière à Madagascar et plus particulièrement dans la zone d'intervention du Projet ASARA. Programme européen de sécurité alimentaire et nutritionnelle dans les régions sud et sud-est de Madagascar ASARA/AINA*. <http://asara-aina.eu/wp-content/uploads/2015/12/Rapport-final-Etude-semences-ASARA-septembre-2016.pdf>

- Banque mondiale (BM). (2011). *Madagascar Étude économique et sectorielle (ESW) Marchés agricoles à Madagascar : contraintes et opportunités* (Rapport no. 66028-MG).  
[https://agritrop.cirad.fr/570482/1/document\\_570482.pdf](https://agritrop.cirad.fr/570482/1/document_570482.pdf)
- Bouillet, J-P., Rasamindisa, A., Rakotondraoelina, H. A. et Razafimahatratra, S. (s. d.). *Capitalisation des réalisations et des acquis du projet Arina - Aménagement et Reboisements Intégrés dans le district d'Anjozorobe en bois-énergie*. <https://agritrop.cirad.fr/594874/1/Capitalisation-Projet-ASA-Arina.pdf>
- Bidou, J-E., Droy, I., Fauroux, E. (2008). Communes et régions à Madagascar. De nouveaux acteurs dans la gestion locale de l'environnement. *Mondes en développement*, 1(141), 29-46.  
 file:///C:/Users/Rachel/Downloads/D%C3%A9centralisationRelationEtatCommunesEnvFoncier%20(1).pdf
- Bézat, C., Quenu, H. et Martin, G. (2016). Rotation des cultures : Définition.  
<https://dicoagroecologie.fr/encyclopedie/rotation-des-cultures/#:~:text=D%C3%A9finition%20%3A,des%20esp%C3%A8ces%20sur%20une%20parcelle.&text=En%20autre%2C%20les%20p%C3%A9riodes%20de,cycle%20de%20d%C3%A9veloppement%20des%20adventices>
- Banque mondiale (BM). (2020b). Burkina Faso Vue d'ensemble.  
<https://www.banquemonde.org/fr/country/burkinafaso/overview>
- Bergeron, M. (2020). Comprendre l'absorption de l'eau. Comment les arbres font-ils pour boire? *Science et technologie*, 22-25. <https://afsq.org/wp-content/uploads/2020/04/absorption-de-leau.pdf>
- Bôndy. (2003). Nos espèces d'arbres. <https://www.bondy.earth/nos-arbres/>
- Botoni, E., Larwanou, M. et Reij, C. (2010). La régénération naturelle assistée (RNA) : une opportunité pour reverdir le Sahel et réduire la vulnérabilité des populations rurales. Dans D. Abdoulaye et R. Duponnois (dir.), *Le projet majeur africain de la Grande Muraille Verte : Concepts et mise en œuvre* (151-162). <https://books.openedition.org/irdeditions/2122?lang=fr>
- Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad). (2018, 17 mai). *Madagascar : la déforestation menace une biodiversité unique*. [Communiqué].  
<https://www.cirad.fr/actualites/toutes-les-actualites/communiques-de-presse/2018/deforestation-a-madagascar#:~:text=Madagascar%20%3A%20la%20d%C3%A9forestation%20menace%20une%20biodiversit%C3%A9%20unique,-17%2F05%2F2018&text=44%20%25%20des%20for%C3%AAts%20naturelles%20ont,60%20derni%C3%A8res%20ann%C3%A9es%20%C3%A0%20Madagascar.&text=Avec%20pr%C3%A8s%20de%2090%20%25%20d,for%C3%AAts%20restantes%20sont%20gravement%20fragment%C3%A9s>
- Centre de recherches, d'études et d'appui à l'analyse économique à Madagascar (CREAM). (2013a). *Monographie : Région Bongolava*. [https://www.pseau.org/outils/ouvrages/mg\\_mef\\_monographie-region-bongolava\\_2014.pdf](https://www.pseau.org/outils/ouvrages/mg_mef_monographie-region-bongolava_2014.pdf)
- Cellule d'appui au programme FIDA (CAPFIDA). (2006). Rapport d'analyse régionale : Région Bongolava.  
[https://www.capfida.mg/pi/www.capfida.mg/km/cosop/Rapports\\_regionaux/bongolava.html](https://www.capfida.mg/pi/www.capfida.mg/km/cosop/Rapports_regionaux/bongolava.html)
- Coll, P., Le Velly, R., Le Cadre, E. et Villenave, E. (2012). La qualité des sols : associer perceptions et analyses des scientifiques et des viticulteurs. *Étude et Gestion des Sols*, 19(2), 79-89.  
[https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers15-05/010056612.pdf](https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers15-05/010056612.pdf)
- Commission Justice et Paix et Diocèses Tsiroanomandidy et Melaky. (2019). Étude et diagnostic participatif des problématiques liées à la gouvernance et à l'exploitation des ressources naturelles dans la région de Melaky et Bongolava (Rapport N°006 -19/SAV/HRS).

file:///C:/Users/Rachel/Downloads/18\_%C3%89tude%20de%20diagnostic%20participatif%20et%20arbres%20%C3%A0%20probl%C3%A8mes.pdf

Coût de la Faim en Afrique (CDFA). (2016). L'incidence sociale et économique de la malnutrition chez l'enfant à Madagascar. <https://docs.wfp.org/api/documents/WFP-0000119789/download/>

Commission climat et développement (CCD). (2020). *Capitalisation forêt et climat*. [https://id-ong.org/wp-content/uploads/2021/01/coordination\\_sud\\_ccd\\_capitalisation\\_climat-forets.pdf](https://id-ong.org/wp-content/uploads/2021/01/coordination_sud_ccd_capitalisation_climat-forets.pdf)

Cabinet IDACC Consulting. (2016). *Évaluation finale externe du projet pilote MANITATRA dans la Région Sud-Est de Madagascar et Moyen Ouest du Vakinankaratra Rapport final – Version longue*. [http://open-library.cirad.fr/files/6/2236\\_\\_116.pdf](http://open-library.cirad.fr/files/6/2236__116.pdf)

Charpin M., Legeay D., Rabemanantsoa N., Richter F. (2019). Caractérisation des filières bois-énergie et élaboration du schéma d'approvisionnement en bois-énergie de la région Analamanga, Madagascar. *Bois et Forêts des Tropiques*, 340, 13-25.  
[https://www.researchgate.net/publication/333124022\\_Caracterisation\\_des\\_filières\\_bois-energie\\_et\\_elaboration\\_du\\_schema\\_d'approvisionnement\\_en\\_bois-energie\\_de\\_la\\_region\\_Analamanga\\_Madagascar/link/5cdcc50992851c4eaba397a1/downloadhttps://www.researchgate.net/publication/333124022\\_Caracterisation\\_des\\_filières\\_bois-energie\\_et\\_elaboration\\_du\\_schema\\_d'approvisionnement\\_en\\_bois-energie\\_de\\_la\\_region\\_Analamanga\\_Madagascar/link/5cdcc50992851c4eaba397a1/download](https://www.researchgate.net/publication/333124022_Caracterisation_des_filières_bois-energie_et_elaboration_du_schema_d'approvisionnement_en_bois-energie_de_la_region_Analamanga_Madagascar/link/5cdcc50992851c4eaba397a1/downloadhttps://www.researchgate.net/publication/333124022_Caracterisation_des_filières_bois-energie_et_elaboration_du_schema_d'approvisionnement_en_bois-energie_de_la_region_Analamanga_Madagascar/link/5cdcc50992851c4eaba397a1/download)

Centre de recherches, d'études et d'appui à l'analyse économique à Madagascar (CREAM). (2013b). *Monographie : Région d'Alaotra Mangoro*.  
[https://www.pseau.org/outils/ouvrages/mg\\_mef\\_monographie-region-alaotramangoro\\_2014.pdf](https://www.pseau.org/outils/ouvrages/mg_mef_monographie-region-alaotramangoro_2014.pdf)

Cunha de Barcellos Ferreira, A., Luiza Dias Coelho Borin, A., Mendes Lamas, F., Cesar Bogiani, J., Barbosa Ferreira, G., Sissoko, F., Koulibaly, B., Fayalo, G., Amonmide, I., Djindji, R., Naïtormaïde, M., Dieudonné Dagbenonbakin, G., Traore, K. et Geraldo Di Stéfano, J. (2013). Échange d'expériences sur le cotonnier. Les espèces végétales de couverture du sol destinées à la culture du coton en semis direct.  
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/977176/1/Lesespeciesvegetablesdecouvertureusol....pdf>

Chaoui, H. (2019). Vermicompostage (ou lombricompostage) : Le traitement des déchets organiques par les vers de terre. <http://www.omafra.gov.on.ca/french/engineer/facts/10-010.htm#:~:text=Faits%20importants%20concernant%20le%20vermicompostage,-ll%20faut%20de&text=ll%20faut%20utiliser%20des%20mati%C3%A8res,150%20par%20litre%20de%20d%C3%A9chets>.

Cooke, B., Burren, C. et Rakotoniana, M. J. (s. d.). *Fiches techniques pour promouvoir les plantations des arbres à Madagascar (1ère partie)*. [https://www.doc-developpement-durable.org/file/SITE\\_reforestation/Promouvoir\\_la\\_plantation\\_des\\_arbres\\_a\\_Madagascar\\_T1.pdf](https://www.doc-developpement-durable.org/file/SITE_reforestation/Promouvoir_la_plantation_des_arbres_a_Madagascar_T1.pdf)

Dabat, M-H. et Jenn-Treyer, O. (2010). Des trappes de pauvreté au développement durable de l'agriculture malgache. Dans B. Gastineau (dir), *Madagascar face au défi des Objectifs du millénaire pour le développement* (p. 299-318). <https://books.openedition.org/irdeditions/1907?lang=fr#bibliography>

Développement et Paix. (2020). Qui nous sommes. <https://www.dev.org/fr/aboutus/identity>

Dabat, M-H., Jenn-Treyer, O., Razafimandimby, S. et Bockel, L. (2008a). L'histoire inachevée de la régulation du marché du riz à Madagascar. *Économie rurale*, (304), 75-89.  
<https://journals.openedition.org/economierurale/535#quotation>

- Dabat, M-H., Gastineau, B., Jenn-Treyer, O., Rolland, J., Martignac, C. et Pierre-Bernard, A. (2008b). L'agriculture malgache peut-elle sortir de l'impasse démo-économique? *Autrepart*, 2(46), 189-202. <https://www.cairn.info/revue-autrepart-2008-2-page-189.htm>
- Desloges, V. (2001). Les empreintes de la législation foncière dans l'extension du reboisement à Madagascar. *Les Cahiers d'Outre-Mer*, 54(213), 69-94. [https://www.persee.fr/doc/caoum\\_0373-5834\\_2001\\_num\\_54\\_213\\_3795?q=madagascar+d%C3%A9forestation](https://www.persee.fr/doc/caoum_0373-5834_2001_num_54_213_3795?q=madagascar+d%C3%A9forestation)
- Delcourt, L. (2018). *La problématique foncière à Madagascar Tour d'horizon, enjeux, défis et perspectives* (Rapport de mission). [https://www.cetri.be/IMG/pdf/etude\\_madagascar\\_2018.pdf](https://www.cetri.be/IMG/pdf/etude_madagascar_2018.pdf)
- Droy, I., Bidou, J.-É., Randriamiandrisoa, J., Thomas, A-C. (2010). Une pauvreté rurale étendue et multiforme. Dans B. Gastineau (dir.), *Madagascar face au défi des Objectifs du millénaire pour le développement* (p. 53-85). [https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers12-09/010051324.pdf](https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers12-09/010051324.pdf)
- Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). (2012). *Bonnes pratiques de CES/DRS. Contribution à l'adaptation au changement climatique et à la résilience des producteurs Les expériences de quelques projets au Sahel*. [https://reca-niger.org/IMG/pdf/Bonnes\\_\\_pratiques-CES-DRS-GIZ.pdf](https://reca-niger.org/IMG/pdf/Bonnes__pratiques-CES-DRS-GIZ.pdf)
- David, P., Descombe, C. et Bedoussac, L. (2016). Semis direct sous couvert végétal. <https://dicoagroecologie.fr/encyclopedie/semis-direct-sous-couvert-vegetal/>
- Debray, V. (2015). *Des innovations agroécologiques dans un contexte climatique changeant en Afrique*. <https://www.alimenterre.org/system/files/ressources/pdf/947-innovations-agroecologiques-afrique-fr-2015-reduit.pdf>
- Fanampinirina Tsilaviniaina, O. (2016). *L'impact de la politique agricole sur la pauvreté rurale à Madagascar* (Mémoire de maîtrise, Université d'Antananarivo, Antananarivo, Analamanga, Madagascar). [http://biblio.univ-antananarivo.mg/pdfs/fanampinirinaTsilaviniainaO\\_ECO\\_M1\\_16.pdf](http://biblio.univ-antananarivo.mg/pdfs/fanampinirinaTsilaviniainaO_ECO_M1_16.pdf)
- Food security cluster (FSC). (2019). *Évaluation de la production agricole et de la sécurité alimentaire à Madagascar* (Rapport spécial). [https://fscluster.org/sites/default/files/documents/rapport\\_final\\_epasa\\_2019.pdf](https://fscluster.org/sites/default/files/documents/rapport_final_epasa_2019.pdf)
- Fond de développement agricole (FDA). (2017). Atelier de lancement officiel de la nouvelle antenne régionale du FDA et du projet FANDROSO dans la région Bongolava. <https://www.fda.mg/articles/1322>
- Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO). (2015). *Le paillage (ou mulching) en agriculture biologique, Philippines*. <http://www.fao.org/3/ca4049fr/ca4049fr.pdf>
- Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO). (s. d.b). Les pratiques antiérosives. <http://www.fao.org/3/T1765F/t1765f0o.htm>
- Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO). (s. d.d). Chapitre 4 : Vermicompostage. <http://www.fao.org/3/y5104f/y5104f08.htm#TopOfPage>
- Fédération interdisciplinaire de l'horticulture ornementale du Québec (FIHOQ). (2013). Guide de bonnes pratiques Aménagement et techniques de restauration des bandes riveraines. [http://banderiveraine.org/wp-content/uploads/2013/07/FIHOQ\\_guide\\_2013\\_web\\_spread.pdf](http://banderiveraine.org/wp-content/uploads/2013/07/FIHOQ_guide_2013_web_spread.pdf)
- Galiba, M., Vissoh, P., Dagbenonbakin, G. et Fagbohoun, F. (2000). Réactions et craintes des paysans liées à l'utilisation du pois mascate (*Mucuna pruriens* var. utilis). Dans D. Buckles, A. Etaka, O. Osiname, M. Galiba et G. Galiano (dir.), *Cover crops in West Africa : contributing to sustainable agriculture* (p. 55-65). <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/handle/10625/13877>

- Global Forest Watch. (s. d.). Tableau de bord Madagascar.  
<https://www.globalforestwatch.org/dashboards/country/MDG/1/2/?areaOfInterestModal=eyJvcGVuIjpmYWxzZWwiYWN0aXZlQXJlYUkljpucljWxsQ%3D%3D&category=forest-change&dashboardPrompts>
- Guay, J-H. (s. d.). État unitaire.  
<https://perspective.usherbrooke.ca/bilan/servlet/BMDictionnaire?idictionnaire=1562>
- Georges, F. (2015). Du brûlis au paillis : les arbustes re-visités. *Agridape*, 31(1). 9-11.  
[http://www.iedafrique.org/IMG/pdf/AGRIDAPE\\_31-1\\_Des\\_Sols\\_durables.pdf](http://www.iedafrique.org/IMG/pdf/AGRIDAPE_31-1_Des_Sols_durables.pdf)
- Gouvernement du Canada. (2013). Conseils pour le contrôle des parasites. Limaces et escargots.  
<https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/conseils-pour-contrôle-parasites/limaces-et-escargots.html>
- Gueye, M. (2009). La rotation des cultures, une méthode écologique et efficace. *Agridape*, 25(1). 10-11.  
[https://www.iedafrique.org/IMG/pdf/Agridape\\_no25\\_complet.pdf](https://www.iedafrique.org/IMG/pdf/Agridape_no25_complet.pdf)
- Hanitra, V. et Rakotomanana Noronirina, Y. (2019). Terre. Dans Noasilalaonomenjanahary Ambinintsoa, L. (dir.), *Rapport sur l'avenir de l'environnement de Madagascar 2017* (p. 228-285).  
<https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/27525>
- Hariniaina Andriamaromisa, R. (2015). Évaluation de l'utilisation des semences et des techniques culturales améliorées : cas de la riziculture irriguée de la commune d'Ambatolampy Tsiroanomandidy (Mémoire de licence, Université d'Antananarivo, Antananarivo, Analamanga, Madagascar). [http://biblio.univ-antananarivo.mg/pdfs/andriamaromisaRivoH\\_ENS\\_CPN\\_15.pdf](http://biblio.univ-antananarivo.mg/pdfs/andriamaromisaRivoH_ENS_CPN_15.pdf)
- Harinaivalona, H. S. (2019). *Tsiroanomandidy, ville bâtie pour et par les migrants* (mémoire de maîtrise, Université d'Antananarivo, Antananarivo, Analamanga, Madagascar). [http://biblio.univ-antananarivo.mg/pdfs/HarinaivalonaHasinaS\\_GEO\\_MAST2\\_2019.pdf](http://biblio.univ-antananarivo.mg/pdfs/HarinaivalonaHasinaS_GEO_MAST2_2019.pdf)
- Harper, J.K. et Kime L.F. (2019, 2 octobre). Production de vers de terre en Afrique. *Agriculture durable Afrique*. <https://www.agriculture-afrique.com/production-de-vers-de-terre-en-afrique/>
- Husson, O., Charpentier, H., Michellon, R., Razanamparany C., Moussa, N., Enjalric, F., Naudin, K et Seguy, L. (2012). Fiches techniques plantes de couverture : Légumineuses pérennes. Arachides pérennes Arachis pintoï et Arachis repens. *Manuel pratique du semis direct à Madagascar* (vol. 2).  
<https://www.supagro.fr/ress-pepites/PlantesdeCouverture/res/ArachidesPerennes.pdf>
- Habsatou, B., Moustapha, A. M., Ousmane, K. et Pauline Douramane, W. (s. d.). *Fiche technique : Promotion de la technique de compostage aérien au niveau de l'exploitation maraichère*. [https://reca-niger.org/IMG/pdf/FT\\_Compostage\\_aerien\\_INRAN.pdf](https://reca-niger.org/IMG/pdf/FT_Compostage_aerien_INRAN.pdf)
- Husson, O., Charpentier, H., Michellon, Naudin, K., Enjalric, F., Razanamparany C., Moussa, N., Andrianasolo, H., Razafintsalama, H., Rakotoarinivo, C., Rakotondramanana et Seguy, L. (2015). Les principales plantes de couverture utilisées à Madagascar. *Manuel pratique du semis direct à Madagascar* (vol. 3).  
[https://www.researchgate.net/publication/283265215\\_Les\\_principales\\_plantes\\_de\\_couverture\\_utilisees\\_a\\_Madagascar/link/562f834e08aeb2ca696224d8/download](https://www.researchgate.net/publication/283265215_Les_principales_plantes_de_couverture_utilisees_a_Madagascar/link/562f834e08aeb2ca696224d8/download)
- Institut national de la statistique Madagascar (INSTAT). (2013a). *Enquête nationale sur le suivi des objectifs du millénaire pour le développement à Madagascar. Préserver l'environnement*.  
[https://www.instat.mg/documents/upload/main/INSTAT\\_Ensomd2012-2013\\_10-2013.pdf](https://www.instat.mg/documents/upload/main/INSTAT_Ensomd2012-2013_10-2013.pdf)
- Institut national de la statistique Madagascar (INSTAT). (2019). *Troisième recensement général de la population et de l'habitation* (RGPH-3). [http://www.instat.mg/wp-content/uploads/Rapport-Prelim-2019\\_ver\\_final.pdf](http://www.instat.mg/wp-content/uploads/Rapport-Prelim-2019_ver_final.pdf)

- Institut national de la statistique Madagascar (INSTAT). (2013b). *Enquête nationale sur le suivi des objectifs du millénaire pour le développement à Madagascar* (Résumé des rapports sur l'ENSOMD 2012-2013). [https://madagascar.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/OMD\\_Resume.pdf](https://madagascar.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/OMD_Resume.pdf)
- Institut national de la statistique (INSTAT). (2011). *Enquête périodique auprès des ménage 2010 Rapport principal*. [https://www.instat.mg/wp-content/uploads/2016/11/INSTAT\\_Epm2010-08-2011.pdf](https://www.instat.mg/wp-content/uploads/2016/11/INSTAT_Epm2010-08-2011.pdf)
- Joyeux, C. et Enjalric, F. (s. d.). *Les principales productions agricoles à Madagascar*. [https://agritrop.cirad.fr/572997/1/document\\_572997.pdf](https://agritrop.cirad.fr/572997/1/document_572997.pdf)
- Komi Selom, K. (2001). Fonctionnement hydrologique des bas-fonds et étude des stratégies paysannes de leur mise en valeur en Afrique tropicale humide. *Revue de Géographie Tropicale et d'Environnement*, (1). 18-30. [http://www.revues-ufhb-ci.org/fichiers/FICHIR\\_ARTICLE\\_1170.pdf](http://www.revues-ufhb-ci.org/fichiers/FICHIR_ARTICLE_1170.pdf)
- Loi n° 2020-013 portant loi de finance pour 2021, LF1. [http://www.mefb.gov.mg/assets/vendor/ckeditor/plugins/kcfinder/upload/files/CORPS\\_LFI2021-Loi\\_n%C2%B0\\_2020-013\\_24122020\\_PROMULGUEE\\_SIGNEE.pdf](http://www.mefb.gov.mg/assets/vendor/ckeditor/plugins/kcfinder/upload/files/CORPS_LFI2021-Loi_n%C2%B0_2020-013_24122020_PROMULGUEE_SIGNEE.pdf)
- Loi n° 93-005 du 26 janvier 1994 portant orientation générale de la politique de décentralisation. c. 1. [http://www.mefb.gov.mg/assets/vendor/ckeditor/plugins/kcfinder/upload/files/loi\\_94\\_005.pdf](http://www.mefb.gov.mg/assets/vendor/ckeditor/plugins/kcfinder/upload/files/loi_94_005.pdf)
- Lisan, B. (s. d.). *Fiche présentation arbre : Dodonaea madagascariensis Radlk*. <http://www.doc-developpement-durable.org/fiches-arbres/Fiche-presentation-Dodonaea-madagascariensis.pdf>
- Liniger, H., Mekdaschi Studer, R., Hauert, C. et Gurtner, M. (2011). *La pratique de la gestion durable des terres Directives et bonnes pratiques pour l'Afrique subsaharienne – Applications sur le terrain*. [https://www.alimenterre.org/system/files/ressources/pdf/215\\_pratique\\_de\\_gestion\\_durable\\_des\\_ressources.pdf](https://www.alimenterre.org/system/files/ressources/pdf/215_pratique_de_gestion_durable_des_ressources.pdf)
- Leppens, M. (s. d.). Pratiques agroécologiques : augmenter le potentiel d'un champ avec des diguettes antiérosives filtrantes. <https://duddal.org/s/bibnum-promap/item/4096>
- Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). (2021). *Programme de coopération climatique internationale*. <https://www.environnement.gouv.qc.ca/programmes/coop-climatique-internationale/fiches-projets-pcci-appel-3.pdf>
- Munang, R. et Andrews, J. (2014). L'Afrique face au changement climatique. *Afrique Renouveau*. <https://www.un.org/africarenewal/fr/magazine/%C3%A9dition-sp%C3%A9ciale-agriculture-2014/l%E2%80%99afrique-face-au-changement-climatique#:~:text=Le%20rapport%20Africa's%20Adaptation%20Gap,ici%202050%3B%20un%20r%C3%A9chauffement%20sup%C3%A9rieur%20>
- Meteoblue. (2021). Climat Bongolava. [https://www.meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/climatmodelled/bongolava\\_madagascar\\_1065650](https://www.meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/climatmodelled/bongolava_madagascar_1065650)
- Ministère de l'Agriculture et de l'Élevage et de la Pêche (MAEP). (2018a). *Cadre de Politique de Réinstallation (CPR)*. <https://integrityaction.org/media/7611/1a48aaa0-63e3-42f3-8946-e7f2414baa6a.pdf>
- Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche (MAEP). (2018b). *Rapport d'activités 2017*. <https://www.maep.gov.mg/wp-content/uploads/pdf/Rapport%20annuel%202017%20MPAE%20final.pdf>
- Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche (MAEP). (2016). *Bongolava Doc Annexe*. <https://www.maep.gov.mg/communication/wp-content/uploads/sites/2/2016/12/BongolavaDocAnnexes.pdf>

- Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche (MAEP). (2019). *Termes de références - Projet de Croissance Agricole et de Sécurisation Foncière Assistance technique à l'opération de certification, d'enregistrement de droits fonciers et d'appui aux guichets fonciers*. [https://www.maep.gov.mg/wp-content/uploads/pdf/TDR-AT-GF\\_CF\\_FINAL.pdf](https://www.maep.gov.mg/wp-content/uploads/pdf/TDR-AT-GF_CF_FINAL.pdf)
- Midi Madagasikara. (2020, 5 novembre). Insécurité rurale : Recrudescence des vols de bœufs dans la région de Bongolava. *Midi Madagasikara*. <http://www.midi-madagasikara.mg/faits-divers/2020/11/05/insecurite-rurale-recrudescence-des-vols-de-boeufs-dans-la-region-de-bongolava/>
- Manjakahery, T. (2020, 28 mars). En Afrique, le coronavirus nourrit une vague d'exode urbain. *Le Devoir*. <https://www.ledevoir.com/monde/afrique/575981/en-afrique-le-coronavirus-nourrit-une-vague-d-exode-urbain>
- Ministère de l'Environnement, des Forêts et du Tourisme (MEFT). (2009). *Évolution de la couverture de forêts naturelles à Madagascar 1990-2000-2005*. [http://www.bastamag.net/IMG/pdf/meft\\_usaid\\_ci\\_2009\\_etude\\_sur\\_la\\_de\\_forestation\\_de\\_1990\\_a\\_2005\\_2\\_.pdf](http://www.bastamag.net/IMG/pdf/meft_usaid_ci_2009_etude_sur_la_de_forestation_de_1990_a_2005_2_.pdf)
- Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche (MAEP). (s. d.). *Politique générale de l'État 2019-2023*. [https://www.maep.gov.mg/wp-content/uploads/pdf/PGE\\_Part\\_1.pdf](https://www.maep.gov.mg/wp-content/uploads/pdf/PGE_Part_1.pdf)
- Ministère d'État Chargé des Projets Présidentiels, de l'Aménagement du Territoire et de l'Équipement (M2PATE). (2015). *Lettre de Politique Foncière 2015 - 2030*. <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/mad163912.pdf>
- Mandimbisoa R. (2021, 14 janvier). Migrants climatiques : l'Etat prend des mesures. *Tribune-Madagascar*. <https://www.madagascar-tribune.com/Migrants-climatiques-l-Etat-prend-des-mesures.html>
- Montoroi, J-P. (2012). Rôle des sols sur la genèse des inondations. *Researchgate*. [https://www.researchgate.net/publication/266502055\\_Role\\_des\\_sols\\_sur\\_la\\_genese\\_des\\_inondations](https://www.researchgate.net/publication/266502055_Role_des_sols_sur_la_genese_des_inondations)
- Misra, R. V., Roy, R. N. et Hiraoka, H. (2005). *Méthodes de compostage au niveau de l'exploitation agricole* (Documents de travail sur les terres et les eaux). <http://www.fao.org/3/y5104f/y5104f.pdf>
- Ministère de l'environnement et du cadre de vie. (2007). Programme d'action national d'adaptation à la variabilité et aux changements climatiques (Pana du Burkina Faso). <https://unfccc.int/resource/docs/napa/bfa01f.pdf>
- Mana Koudoussou, I. (2018). *Pratique des haies vives dans la Région de Zinder. Note no. 1*. [https://recaniger.org/IMG/pdf/Haies\\_vives\\_CRA\\_Zinder\\_Note1\\_Juillet\\_2018.pdf](https://recaniger.org/IMG/pdf/Haies_vives_CRA_Zinder_Note1_Juillet_2018.pdf)
- Ministère de l'Environnement, des Eaux et Forêts (MINENVEF) et Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA). (2003). *Manuel sur la Lutte contre les Feux de Végétation: Compilation du Savoir-faire actuel Série I: Les Techniques existantes dans la Lutte contre les Feux de Végétation*. <https://gfmcc.online/wp-content/uploads/Manuel-Feux-01.pdf>
- Naudin, K., Autfray, P., Dusserre, J., Penot, E., Raboin, L-M., Raharison, T., Rakotoariso, J., Ramanantsoanirina, A., Tahiry Randrianjafizana, M., Irintsoa Rasolofo, L., Raveloson, H., Razafimahatratra, M., Salgado, P., Sester, M., Vom Brock, K., Scopel, E. (2018). *Chapitre 2 - L'agro-écologie à Madagascar : de la plante au paysage*. <http://assets.fsnforumhlpe.fao.org.s3-eu-west-1.amazonaws.com/public/discussions/contributions/2018-08-agro-ecologie-epreuve1-chap2.pdf>

- Nimpagaritse, D. (2019). *Guide technique de production des cultures fruitières et maraîchères*.  
<https://agritrop.cirad.fr/594496/1/Guide%20Technique%20Fruits%20et%20L%C3%A9gumes%20Buru%20ndi.pdf>
- Organisation des Nations unies (ONU). (2020). Le réchauffement climatique fait peser des menaces croissantes sur l'Afrique, selon l'ONU. <https://news.un.org/fr/story/2020/10/1080702>
- Onitsoa Andriamasinoro, J. et Sarrasin, B. (2015). Enjeux politiques de l'adaptation aux changements climatiques dans les projets de gestion intégrée des zones côtières à Madagascar. *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*.  
<https://journals.openedition.org/vertigo/16639#quotation>
- Organisation mondiale de la santé (OMS). (2021). Pour réaliser les OMD liés à la santé, le personnel est essentiel. [https://www.who.int/hrh/workforce\\_mdgs/fr/](https://www.who.int/hrh/workforce_mdgs/fr/)
- Office régional de nutrition de Bongolava (ORN). (s. d.) Les spécificités de la région Bongolava.  
<https://www.office-nutrition.mg/pr%C3%A9sentation/180/96/314/office-r%C3%A9gional-de-nutrition-bongolava/les-sp%C3%A9cificit%C3%A9s-de-la-r%C3%A9gion-bongolava>
- Office national pour l'environnement (ONE). (s. d.). Table de bord environnemental - Région Bongolava.  
<https://www.pnae.mg/tbe/region-bongolava.html>
- Office national pour l'environnement (ONE). (2008). Table de bord environnemental - Région Bongolava.  
<https://drive.google.com/file/d/0B7Zi7DriW0dJYXpYU0FNvKVRdGM/view>
- Office national pour l'Environnement (ONE). (2019). Superficie de la couverture végétale – Bongolava.  
[https://docs.google.com/document/d/1a9xFhqP8KHkfKaDhkdPNykfgC9U\\_Xzw9DUvRbSdeyd0/edit](https://docs.google.com/document/d/1a9xFhqP8KHkfKaDhkdPNykfgC9U_Xzw9DUvRbSdeyd0/edit)
- Organisation des Nations Unies pour le développement et l'agriculture (FAO) et Programme alimentaire mondial (PAM). (2013). *Mission FAO/PAM d'évaluation de la sécurité alimentaire à Madagascar* (Rapport spécial). <http://www.fao.org/3/a-aq115f.pdf>
- Organisation des Nations Unies pour le développement et l'agriculture (FAO). (s. d.a). Section 3 Problèmes et obstacles à la production de riz.  
<http://www.fao.org/3/y2778f/y2778f04.htm#:~:text=Les%20principales%20contraintes%20li%C3%A9es%20au,les%20sols%20toxiques%20et%20d%C3%A9favorables.&text=L'%C3%A9rosion%20du%20sol%20constitue,est%20pratiq%C3%A9e%20sur%20des%20pent>
- Ooreka. (s. d.). Jacaranda. <https://jardinage.ooreka.fr/plante/voir/479/jacaranda>
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). (2021). Couverture organique du sol. <http://www.fao.org/conservation-agriculture/in-practice/soil-organic-cover/fr/>
- Organisation des Nations Unies pour le développement et l'agriculture (FAO). (s. d.c). *Groupe GDT : Agroforesterie*. <http://www.fao.org/3/i1861f/i1861f08.pdf>
- Programme des Nations unies pour le développement (PNUD). (2019). *Les inégalités de développement humain au XXI<sup>e</sup> siècle : Madagascar* (Rapport sur le développement humain).  
[http://hdr.undp.org/sites/all/themes/hdr\\_theme/country-notes/fr/MDG.pdf](http://hdr.undp.org/sites/all/themes/hdr_theme/country-notes/fr/MDG.pdf)
- Programme alimentaire mondial (PAM). (2014). *Analyse Globale de la Sécurité Alimentaire et Nutritionnelle, et de la Vulnérabilité (AGSANV)*.  
<https://documents.wfp.org/stellent/groups/public/documents/ena/wfp269418.pdf?iframe>
- Pound, J., Castaldi, L. et Rakotonirainy, M. (2018). *Mission FAO/PAM d'évaluation des récoltes et de la sécurité alimentaire à Madagascar* (Rapport spécial).  
[https://fscluster.org/sites/default/files/documents/web\\_sr\\_madagascar\\_2018\\_cfsam.pdf](https://fscluster.org/sites/default/files/documents/web_sr_madagascar_2018_cfsam.pdf)



- Pellerin, M. (2017). *Madagascar face à la criminalité multiforme*  
[https://www.ifri.org/sites/default/files/atoms/files/pellerin\\_madagascar\\_criminalite\\_multiforme\\_2017.pdf](https://www.ifri.org/sites/default/files/atoms/files/pellerin_madagascar_criminalite_multiforme_2017.pdf)
- Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE). (2019). Les chants des oiseaux sont de retour dans les collines de Bemolanga. <https://www.unenvironment.org/fr/actualites-et-recits/recit/les-chants-des-oiseaux-sont-de-retour-dans-les-collines-de-bemolanga>
- Pound, J., Castaldi, L., Rakotonirainy, M. et Rambalo, H. (2017). *Mission FAO/PAM d'évaluation des récoltes et de la sécurité alimentaire à Madagascar* (Rapport spécial).  
<https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Rapport%20Sp%C3%A9cial%20Mission%20FAO-PAM%20d%27%C3%A9valuation%20des%20r%C3%A9coltes%20et%20de%20la%20s%C3%A9curit%C3%A9%20alimentaire%20%C3%A0%20Madagascar-22%20d%C3%A9cembre%202017.pdf>
- Programme de définition des cibles de neutralité en matière de dégradation des terres (PDC NDT). (2018). *Rapport final du Programme de définition des cibles en matière de Neutralité de la Dégradation des Terres* (rapport de recherche).  
[https://knowledge.unccd.int/sites/default/files/ldn\\_targets/Madagascar%20LDN%20TSP%20Country%20Report.pdf](https://knowledge.unccd.int/sites/default/files/ldn_targets/Madagascar%20LDN%20TSP%20Country%20Report.pdf)
- Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD). (2020). Le DINA, un outil de développement durable. <https://www.equatorinitiative.org/2017/06/30/le-dina-un-outil-de-developpement-durable/#:~:text=Le%20Dina%20est%20un%20type,en%20avaient%20ressenti%20le%20besoin.>
- Présidence de la République de Madagascar. (2019). La biographie du président.  
<http://www.presidence.gov.mg/author/webmaster/page/65/>
- Penot, E., Tokarski, Y., Rakotofiringa, A., Bodoy, A., Ahmim-Richard, A., Dabat, M-H., Raharison, T., Rakoto Harivony, A. et Razafimandimby, S. (2009). *Rôle et place du riz pluvial dans les exploitations du Vakinankaratra (Hauts Plateaux et Moyen Ouest)*. <https://core.ac.uk/download/pdf/52629844.pdf>
- Penot, E., Domas, R., Fabre, J., Poletti, S., Macdowall, C., Dugue, P. et Le Gal, P-L. (2015). Le technicien propose, le paysan dispose. Le cas de l'adoption des systèmes de culture sous couverture végétale au lac Alaotra, Madagascar. *Cahier Agriculture*, 24(2), 84-92.  
<https://www.cahiersagricultures.fr/articles/cagri/pdf/2015/02/cagri2015242p84.pdf>
- Plateforme-Re-Sources. (2015). *Les techniques de compostage de déchets d'origine naturelle en Afrique et dans les Caraïbes. Présentation synthétique de l'état des lieux et des retours d'expériences*.  
<https://www.plateforme-re-sources.org/wp-content/uploads/2015/05/FS-Compostage.pdf>
- Randriamanga Ratsivalaka, S. (2012). Perception paysanne de la dégradation des terres et des types d'érosion : impacts des programmes de LAE sur la restauration de la productivité des sols à Madagascar. Dans E. Roose (dir.), *Lutte antiérosive : Réhabilitation des sols tropicaux et protection contre les pluies exceptionnelles*. <https://books.openedition.org/irdeditions/14036?lang=fr>
- Raharimalala Nomenjanahary, E-T. (2016). *Étude des zones à risque de déforestation à Madagascar* (Mémoire de maîtrise, Université d'Antananarivo, Antananarivo, Analamanga, Madagascar). [http://biblio.univ-antananarivo.mg/pdfs/raharimalalaNomenjanaharyET\\_PH\\_LCPRO\\_16.pdf](http://biblio.univ-antananarivo.mg/pdfs/raharimalalaNomenjanaharyET_PH_LCPRO_16.pdf)
- Rajaonarimalala, R. (2018). *Analyse de la variabilité climatique dans la région de Bongolava à Madagascar* (Mémoire de maîtrise, Université de Liège, Liège, Wallonie, Belgique).  
<https://matheo.uliege.be/bitstream/2268.2/5563/4/TFE%20MS%20SGE%202017-2018%20RAJAONARIMALALA%20RINDRASOA.pdf>

- Ratovoson, A.A.N., Ramanantsoa, T.F., Rabenandrasana, H. A. J. et Ravaloherimanana, H. L. (2018). *Analyse des besoins en renforcement de capacité des membres de TAFO MIHAAVO en matière d'adaptation au changement climatique : Rapport Final*. [https://tafomihaavo.org/wp-content/uploads/2019/10/Analyse-des-besoins-en-renforcement-de-capacit%C3%A9-dACC\\_TAFO-MIHAAVO-FR.pdf](https://tafomihaavo.org/wp-content/uploads/2019/10/Analyse-des-besoins-en-renforcement-de-capacit%C3%A9-dACC_TAFO-MIHAAVO-FR.pdf)
- Raharison, T-S., Rasolomanjaka, J., Razaka Rakotondramanana, M. (2016). *Capitalisation de l'agro-écologie à Madagascar* (Rapport de capitalisation). [http://open-library.cirad.fr/files/6/2122\\_\\_2.pdf](http://open-library.cirad.fr/files/6/2122__2.pdf)
- Ramamonjisoa, B., Ramiarantsoa, H. R. et Casse, T. (2012). La Loi Gelose et le transfert de gestion des Ressources Naturelles à Madagascar. *Les Cahiers d'Outre-Mer* (257), 5-10. <https://journals-openedition-org.ezproxy.usherbrooke.ca/com/6476#quotation>
- Rabe Heritsalamarivo, P. (2019). *Typologie, modélisation et évaluation de la dégradation des sols : Cas des communes Tsiroanomandidy ville et Fihaonana région de Bongolava* (Thèse de doctorat, Université d'Antananarivo, Antananarivo, Analamanga). [http://biblio.univ-antananarivo.mg/pdfs/rabeHeritsalamarivoPatrick\\_SN\\_DNR\\_19.pdf](http://biblio.univ-antananarivo.mg/pdfs/rabeHeritsalamarivoPatrick_SN_DNR_19.pdf)
- Raunet, M. (1980). *Projet blé. Les bas-fonds et plaines alluviales des hautes terres de Madagascar. Reconnaissance morpho-pédologique et hydrologique. Aptitudes à la culture du blé de contre-saison*. [http://open-library.cirad.fr/files/4/786\\_\\_Projet\\_Ble-\\_Les\\_bas-fonds\\_et\\_plaines\\_alluviales\\_des\\_hautes\\_terres\\_de\\_Madagascar-\\_Reconnaissance\\_morpho-pedologique\\_et\\_hydrologique-\\_Attitudes\\_a\\_la\\_culture\\_du\\_ble\\_de\\_contre\\_saison.pdf](http://open-library.cirad.fr/files/4/786__Projet_Ble-_Les_bas-fonds_et_plaines_alluviales_des_hautes_terres_de_Madagascar-_Reconnaissance_morpho-pedologique_et_hydrologique-_Attitudes_a_la_culture_du_ble_de_contre_saison.pdf)
- Razafindrazaka, D., Razafimamonjy, L., Luis Djao, I. (2015). *Les Malgaches deviennent plus critiques vis-à-vis du fonctionnement de leur démocratie*. [https://media.africaportal.org/documents/ab\\_r6\\_dispatchno63\\_madagascar\\_democratie.pdf](https://media.africaportal.org/documents/ab_r6_dispatchno63_madagascar_democratie.pdf)
- Razafimahatratra, M. H., Raharison, T. S., Bélières, J-F., Autfray, P., Salgado, P. et Rakotofiringa, H. Z. (2017). *Systèmes de production, pratiques, performances et moyens d'existence des exploitations agricoles du Moyen-Ouest du Vakinankaratra : Résultats des enquêtes auprès d'un échantillon d'exploitations agricoles dans quatre communes menées avec l'appui financier du GSDM et des projets CARIM et STRADIV pour les travaux d'analyse*. [https://agritrop.cirad.fr/586881/1/2017\\_SPAD\\_Description\\_EA\\_Moyen%20Ouest.pdf](https://agritrop.cirad.fr/586881/1/2017_SPAD_Description_EA_Moyen%20Ouest.pdf)
- Randriamanantsoa, L. (2013). *Effet d'apports de résidus de légumineuse et de fumier sur la phytodisponibilité du phosphore du sol dans un ferrasol du Moyen Ouest de Madagascar* (Thèse de doctorat, Université d'Antananarivo, Antananarivo, Analamanga, Madagascar). [https://www.researchgate.net/publication/285582493\\_Effet\\_d'apports\\_de\\_residus\\_de\\_legumineuse\\_s\\_et\\_de\\_fumier\\_sur\\_la\\_phytodisponibilite\\_du\\_phosphore\\_du\\_sol\\_dans\\_un\\_ferrasol\\_du\\_Moyen\\_Ouest\\_de\\_Madagascar/link/566005ac08aefe619b28bf49/download](https://www.researchgate.net/publication/285582493_Effet_d'apports_de_residus_de_legumineuse_s_et_de_fumier_sur_la_phytodisponibilite_du_phosphore_du_sol_dans_un_ferrasol_du_Moyen_Ouest_de_Madagascar/link/566005ac08aefe619b28bf49/download)
- Rakotonarivo, A., Martignac, C., Gastineau, B. et Lalaina Ramialison, Z. (2010). *Densification rurale et structures spatiales du peuplement à Madagascar : quelle place pour les migrations ?* Dans B. Gastineau (dir.), *Madagascar face au défi des Objectifs du millénaire pour le développement* (p. 275-297). <https://books.openedition.org/irdeditions/1903?lang=fr>
- Ramahatafandry, D. A. (2018). *Phénomène de dahalo dans le district de Mandoto Région Vakinankaratra* (Mémoire de maîtrise, Université d'Antananarivo, Antananarivo, Analamanga, Madagascar). [http://biblio.univ-antananarivo.mg/pdfs/ramahatafandryDiaryA\\_GEO\\_MAST\\_18.pdf](http://biblio.univ-antananarivo.mg/pdfs/ramahatafandryDiaryA_GEO_MAST_18.pdf)
- Raharimalala, A.S. (2018). *Évaluation de la capacité de travail du sol et alternatives à la traction animale en régression : Cas de la Région Bongolava* (Mémoire de maîtrise, Université d'Antananarivo, Antananarivo, Analamanga, Madagascar). [http://biblio.univ-antananarivo.mg/pdfs/raharimalalaAndrialalaoS\\_AGRO\\_Lic\\_18.pdf](http://biblio.univ-antananarivo.mg/pdfs/raharimalalaAndrialalaoS_AGRO_Lic_18.pdf)

- Rakotorahalahy, T.S. (2018). *Évolution de l'agriculture de conservation à Madagascar* (Mémoire de licence, Université d'Antananarivo, Antananarivo, Analamanga, Madagascar). [http://biblio.univ-antananarivo.mg/pdfs/RakotorahalahyTantelyS\\_AGRO\\_LIC\\_2018.pdf](http://biblio.univ-antananarivo.mg/pdfs/RakotorahalahyTantelyS_AGRO_LIC_2018.pdf)
- Rakotofiringa, A., Tokarski, Y. et Penot E. (2007). *Document de travail AFD/BVPI/SCRIF/FOFIFA/TAFA n° 3. Caractérisation des exploitations agricoles dans la commune rurale d'Andranomanelatra. Région Vakinankaratra, Madagascar*. [https://agritrop.cirad.fr/548932/1/document\\_548932.pdf](https://agritrop.cirad.fr/548932/1/document_548932.pdf)
- Roose, E., Zougmore, R., Stroosnijder, L., Dugué, P. et Bouzou-Moussa, I. (2017). Chapitre 37. Techniques traditionnelles de restauration de la productivité des sols dégradés en régions semi-arides d'Afrique occidentale. Dans E. Roose (dir.), *Restauration de la productivité des sols tropicaux et méditerranéens : Contribution à l'agroécologie* (p.491-517). <https://books.openedition.org/irdeditions/24435?lang=fr>
- Rakotomavo, E.M. (2017). *Les pratiques paysannes en matière de lutte contre l'érosion des sols dans le bassin versant d'Avaratrambolo : région Analamanga* (Mémoire de maîtrise, Université d'Antananarivo, Antananarivo, Analamanga, Madagascar). [http://biblio.univ-antananarivo.mg/pdfs/rakotomavoMialiharijahoE\\_GEO\\_MAST\\_17.pdf](http://biblio.univ-antananarivo.mg/pdfs/rakotomavoMialiharijahoE_GEO_MAST_17.pdf)
- Roose, E., Albergel, J., De Noni, G., Laouina, A. et Sabir, M. (2008). Efficacité de la gestion de l'eau et de la fertilité des sols en milieux semi-arides. [https://books.google.ca/books?id=fEsw49nixVwC&pg=PA258&lpg=PA258&dq=terrasses+et+risque+d+e+lavakas&source=bl&ots=1boFtdU0mp&sig=ACfU3U2bfDkzGZxdlgzT\\_x9r2srd6wj1mQ&hl=fr&sa=X&ved=2ahUKEwj96Lzp4ILwAhUhTd8KHZ64C98Q6AEwBHoECAUQAaw#v=onepage&q&f=false](https://books.google.ca/books?id=fEsw49nixVwC&pg=PA258&lpg=PA258&dq=terrasses+et+risque+d+e+lavakas&source=bl&ots=1boFtdU0mp&sig=ACfU3U2bfDkzGZxdlgzT_x9r2srd6wj1mQ&hl=fr&sa=X&ved=2ahUKEwj96Lzp4ILwAhUhTd8KHZ64C98Q6AEwBHoECAUQAaw#v=onepage&q&f=false)
- Ralaivoavy, C. (2018). *Fabrication de compost : Processus et utilisation* (Mémoire de licence en sciences agronomiques et environnementales, Université d'Antananarivo, Antananarivo, Analamanga, Madagascar). [http://biblio.univ-antananarivo.mg/pdfs/ralaivoavyChristian\\_AGRO\\_Lic\\_18.pdf](http://biblio.univ-antananarivo.mg/pdfs/ralaivoavyChristian_AGRO_Lic_18.pdf)
- Ravoninjiva, S. (2012). *Avantages de l'utilisation du lombricompost dans l'exploitation agricole : Cas de la Commune Rurale d'Ambohimanambola* (Mémoire de fin d'étude, Université d'Antananarivo, Antananarivo, Analamanga, Madagascar). [http://biblio.univ-antananarivo.mg/pdfs/ravoninjivaSolofoniaina\\_AGRO\\_ING\\_12.pdf](http://biblio.univ-antananarivo.mg/pdfs/ravoninjivaSolofoniaina_AGRO_ING_12.pdf)
- Rubabura, J.A.K., Bagalwa, J.J.M., Lorena, A.C., Ngerengo, C.N. et Masunga, C. L. (2020). Caractérisation et évolution de vermicompost des déchets ménagers des vers de terre *Eisenia feotida* et *Perionyx excavatus* au Centre de Recherche en Sciences Naturelles de Lwiro, République Démocratique du Congo. *Afrique Science*, 17(2), 25-35. <http://afriquescience.net/PDF/17/2/3.pdf>
- Sarrasin, B. (2009). La Gestion Locale Sécurisée (GELOSE) : L'expérience malgache de gestion décentralisée des ressources naturelles. *Études caribéennes*. [https://www.researchgate.net/publication/30464389\\_La\\_Gestion\\_LOcale\\_SEcurisee\\_GELOSE\\_L'expe\\_rience\\_malgache\\_de\\_gestion\\_decentralisee\\_des\\_ressources\\_naturelles/link/5490825c0cf214269f267ffe/download](https://www.researchgate.net/publication/30464389_La_Gestion_LOcale_SEcurisee_GELOSE_L'expe_rience_malgache_de_gestion_decentralisee_des_ressources_naturelles/link/5490825c0cf214269f267ffe/download)
- Shisanya, C. A. (2017). Chapter 9 : Role of Traditional Ethnobotanical Knowledge and Indigenous Institutions in Sustainable Land Management in Western Highlands of Kenya. *Indigenous People* (p. 159-187). [https://www.researchgate.net/publication/319625582\\_Role\\_of\\_Traditional\\_Ethnobotanical\\_Knowledge\\_and\\_Indigenous\\_Institutions\\_in\\_Sustainable\\_Land\\_Management\\_in\\_Western\\_Highlands\\_of\\_Kenya/download\\_e\\_and\\_Indigenous\\_Institutions\\_in\\_Sustainable\\_Land\\_Management\\_in\\_Western\\_Highlands\\_of\\_Kenya/download](https://www.researchgate.net/publication/319625582_Role_of_Traditional_Ethnobotanical_Knowledge_and_Indigenous_Institutions_in_Sustainable_Land_Management_in_Western_Highlands_of_Kenya/download_e_and_Indigenous_Institutions_in_Sustainable_Land_Management_in_Western_Highlands_of_Kenya/download)
- Stöcklin, S. (2018, 5 juin). A Madagascar, la luzerne améliore la culture du riz. *Horizons*. <https://www.revue-horizons.ch/2018/06/05/la-luzerne-ameliore-la-culture-du-riz-a-madagascar/>

- Savado, M., Somda, J., Seynou, O., Zabré, S., et Nianogo, A. J. (2011). *Catalogue des bonnes pratiques d'adaptation aux risques climatiques au Burkina Faso*.  
<https://www.iucn.org/downloads/catalogue.pdf>
- Seguy, L., Husson, O., Charpentier, H., Bouzinac, S., Michellon, R., Chabanne, A., Boulakia, S., Tivet, F., Naudin, K., Enjalric, Ramaroson., Rakotondramanana. (2009). Principes et fonctionnement des écosystèmes cultivés en semis direct sur couverture végétale permanente. *Manuel pratique du semis direct à Madagascar* (volume 1). [https://gsdm-mg.org/wp-content/files/Manuel\\_SCV\\_Mada\\_Vol\\_I-Chap\\_1\\_v\\_finale.pdf](https://gsdm-mg.org/wp-content/files/Manuel_SCV_Mada_Vol_I-Chap_1_v_finale.pdf)
- Semi Direct de Madagascar (SDmad). (2014). *Catalogue des semences certifiées de SDmad 2013-2014*.  
[https://gsdm-mg.org/wp-content/files/Catalogue\\_semences\\_SDmadMars2014\\_vf.pdf](https://gsdm-mg.org/wp-content/files/Catalogue_semences_SDmadMars2014_vf.pdf)
- Traore, K., Gigou, J., Yamada, M., Samake, O., Coulibaly, H. et Doumbia, M. (2012). *Aménagement en courbes de niveau pour la conservation des sols en champs paysans - Annexe: Manuel technique*  
[9.https://www.jircas.go.jp/sites/default/files/publication/manual\\_guideline/manual\\_guideline-\\_21.pdf](https://www.jircas.go.jp/sites/default/files/publication/manual_guideline/manual_guideline-_21.pdf)
- Verret, E-A. (2009). Crise politique à Madagascar : un dénouement incertain  
<https://perspective.usherbrooke.ca/bilan/servlet/BMAAnalyse?codeAnalyse=940>
- Wendenbaum, E. (2010a). Les lavakas. <https://www.naturevolution.org/les-lavakas/>
- Wendenbaum, E. (2010b). Dahalo.  
<https://www.naturevolution.org/dahalo/#:~:text=Les%20Dahalo%2C%20litt%C3%A9ralement%20C2%AB%20voleurs%20de,la%20terreur%20dans%20tout%20Madagascar.&text=Les%20C2%AB%20dahalo%20C2%BB%20ne%20se%20limitent,ce%20qu'ils%20peuvent%20amener>
- Wager, M. (2017). *L'impact du Semis-Direct Sous Couvert Végétal sur la qualité de l'eau et des sols. Mise en place de protocoles de suivi sur le territoire du Groupe d'Intérêt Économique et Environnemental Saulce-Baulche dans l'Yonne (89)* (Mémoire de stage). Université de Bourgogne Franche Comté, Bourgogne-Franche-Comté, France. [https://www6.inrae.fr/psdr-bourgogne/content/download/3788/37330/version/1/file/Rapport%20stage%20\\_%20ROBIN%20Am%C3%A9lie.pdf](https://www6.inrae.fr/psdr-bourgogne/content/download/3788/37330/version/1/file/Rapport%20stage%20_%20ROBIN%20Am%C3%A9lie.pdf)
- Yossi, H., Kaya, B., Traoré C.O., Niang, A., Butare, I., Levasseur, V. et Sanogo, D. (2006). *Les haies vives au Sahel. Etat des connaissances et recommandations pour la recherche et le développement*.  
<http://apps.worldagroforestry.org/downloads/Publications/PDFS/op14457.pdf>